



TUGAS AKHIR - TL 141584

PENGARUH KOMPOSISI PADUAN DAN TEBAL *COATING* PADA PROSES *FLAME- SPRAYED COATING* SERBUK ZN-AL TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON DI LINGKUNGAN AIR LAUT

Igfar Cita

(NRP. 2713 100 024)

Dosen Pembimbing

Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Departemen Teknik Material

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



TUGAS AKHIR - TL 141584

**PENGARUH KOMPOSISI PADUAN DAN
TEBAL *COATING* PADA PROSES *FLAME-
SPRAYED COATING* SERBUK ZN-AL
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON
DI LINGKUNGAN AIR LAUT**

Igfar Cita

(NRP. 2713 100 024)

Dosen Pembimbing

Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Departemen Teknik Material

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT - TL 141584

EFFECT OF ALLOYING COMPOSITION AND COATING THICKNESS ON FLAME SPRAYED PROCESS OF ZN-AL POWDER AGAINST CORROSION RATE OF CARBON STEEL IN SEA WATER ENVIRONMENT

Igfar Cita

(NRP. 2713 100 024)

Advisor

Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.

Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Department of Material Engineering

Faculty of Industrial Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KOMPOSISI PADUAN DAN TEBAL COATING PADA PROSES *FLAME SPRAYED* COATING SERBUK ZN-AL TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON DI LINGKUNGAN AIR LAUT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Korosi dan Analisa Kegagalan
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



Oleh:

Igfar Cita

NRP. 2713 100 024

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Budi Agung Kurniawan ST., M.Sc
2. Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng

 (Pembimbing I)
 (Pembimbing II)

**Surabaya
Juli 2017**

PENGARUH KOMPOSISI PADUAN DAN TEBAL COATING PADA PROSES *FLAME-SPRAYED* SERBUK Zn-AL TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON DI LINGKUNGAN AIR LAUT

Nama Mahasiswa : Igfar Cita

NRP : 2713100024

Departemen : Teknik Material FTI-ITS

**Dosen Pembimbing : 1. Budi Agung Kurniawan S.T., M.Sc
2. Dr. Agung Purniawan S.T., M.Eng**

Abstrak

Proses korosi air laut berlangsung karena adanya unsur-unsur kimia, oksigen yang larut dan pengaruh bakteri. Korosi logam pada air laut mengikuti mekanisme pada elektrokimia dimana pada logam yang mengalami korosi terdapat tempat-tempat berupa anoda dan katoda. Salah satu metode perlindungan korosi adalah dengan *thermal spray*, yang pada penelitian ini menggunakan serbuk Zn-Al. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh tebal *coating* dan komposisi paduan terhadap daya rekat *coating* Zn-Al dan perlindungan korosi pada baja. Substrat yang digunakan adalah baja AISI 1045 dan plat zinc allum. Variabel yang digunakan adalah tebal *coating* yang dilihat dari jumlah layer sebanyak 10, 12, dan 14 buah serta komposisi paduan 25%Zn-75%Al, 50%Zn-50%Al, dan 75%Zn-25%Al. Terdapat 7 pengujian yaitu *surface roughness*, salinitas, XRD, *weight loss*, DFT, *pull off*, dan *mandrel*. Dari hasil penelitian didapatkan sifat mekanik pada spesimen dengan komposisi paduan 50%Zn-50%Al dengan tebal 208 μm merupakan yang paling optimal, yang didukung juga dengan nilai laju korosinya. Nilai laju korosi dengan komposisi 50%Zn-50%Al merupakan yang paling kecil sehingga menunjukkan ketahanan korosi yang baik di air laut. Juga tidak terdapat senyawa $\text{FeCl}_2/\text{FeCl}_3$ yang ditemukan pada seluruh komposisi paduan material *coating* Zn-Al.

Kata Kunci : korosi, coating, *thermal spray*, serbuk Zn-Al

EFFECT OF ALLOYING COMPOSITION AND COATING THICKNESS ON FLAME SPRAYED PROCESS OF ZN-AL POWDER AGAINST CORROSION RATE OF CARBON STEEL IN SEA WATER ENVIRONMENT

Name : Igfar Cita
NRP : 2713100024
Department : Material Engineering FTI-ITS
Advisor : 1. Budi Agung Kurniawan S.T., M.Sc
2. Dr. Agung Purniawan S.T., M.Eng

Abstract

The corrosion process in sea water takes place because of the chemical elements, dissolved oxygen and bacterial influences. Metal corrosion in seawater follows a mechanism in electrochemical where in corroded metals, there have anodes and cathodes. One method of corrosion protection is with thermal spray, which in this study using Zn-Al powder. The purpose of this study was to analyze the effect of coating thickness and alloy composition on Zn-Al coating adhesion and corrosion protection on steel. The substrates used are AISI 1045 steel and zinc allum plate. The variables used are coating thickness seen from 10, 12, and 14 layers, and alloy composition 25%Zn-75%Al, 50%Zn-50%Al, and 75%Zn-25%Al. There are 7 tests which are surface roughness, salinity, XRD, weight loss, DFT, pull off, and mandrel. Results showed that in 50%Zn-50%Al alloying composition, the optimum result from mechanical properties has been identified, which supported by value of corrosion rate. Corrosion rate in 50%Zn-50%Al alloying composition is the smallest than the other alloying composition, which means has good corrosion protection against sea water environment.

Keywords : corrosion, coating, thermal spray, zn-al powder

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Penelitian Tugas Akhir yang berjudul **PENGARUH KOMPOSISI PADUAN DAN TEBAL COATING PADA PROSES FLAME SPRAYED COATING SERBUK ZN-AL TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA KARBON DI LINGKUNGAN AIR LAUT**. Penulis menyadari bahwa selama penyusunan tugas akhir ini telah banyak pihak yang dilibatkan untuk membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang merupakan Rahmatan Lil ‘Alamin
2. Kedua orang tua penulis (Ir. Rachman Sidik M.Ed dan Ir.Harmini Sudjiman) yang senantiasa mendoakan dan memberikan lecutan semangat kepada penulis.
3. Keempat kakak penulis (Akbar Cita, Mahar Cita, Fikar Cita, dan Kintari Cita) yang senantiasa memberikan masukan-masukan kepada penulis
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS, sekaligus dosen pembimbing penulis. Terima kasih atas bimbingannya selama ini.
5. Bapak Budi Agung Kurniawan ST., M.Sc selaku dosen pembimbing yang tidak bosan-bosannya mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis agar penulis lebih terpacu untuk menyelesaikan laporan.
6. Bapak Wikan Jatimurti ST., M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberikan saran pada saat penulis akan melakukan proses pengambilan mata kuliah.
7. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyanta, ST., M.Sc selaku Ketua Prodi S-1 Departemen Teknik Material yang tidak pernah berhenti untuk memberikan informasi terbaru seputar tugas akhir kepada penulis

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis sangat terbuka dengan kritik dan saran dari pembaca. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan dampak yang besar bagi pembaca. Terima kasih.

Surabaya, 10 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak.....	iv
Abstract.....	v
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi dan Mekanismenya.....	5
2.2 Laju Korosi.....	6
2.3 Pengendalian Korosi.....	8
2.3.1 Desain dan Pemilihan Bahan.....	9
2.3.2 Treatment Kimia pada Elektrolit.....	10
2.3.3 Pelapisan (<i>coating</i>).....	11
2.4 Thermal Sprayed Coatings.....	12
2.5 Proses Thermal Sprayed Coatings.....	13
2.5.1 Material Substrat.....	14
2.5.2 <i>Flame Spray</i> Konvensional Proses.....	14
2.5.3 Electric Arc Wire Spray.....	16
2.5.4 Plasma Spray.....	17
2.5.5 Penyemprotan HVOF.....	18
2.6 Material <i>Coating</i>	18
2.6.1 Zn (Seng).....	19
2.6.2 Aluminium (Al).....	19

2.6.3 Diagram Fasa Zn-Al.....	21
2.7 Perbandingan Morfologi Zn Coating dan Zn-Al Coating	21
2.8 Penelitian Sebelumnya	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir	27
3.2 Metode Perancangan	29
3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 Alat	30
3.3.2 Bahan.....	30
3.4 Material Uji	31
3.5 Proses Penelitian.....	33
3.6 Proses Pengujian.....	36
3.7 Rancangan Penelitian	43

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data.....	45
4.1.1 Hasil Uji Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Sebelum <i>Sand Blasting</i>	45
4.1.2 Hasil Uji Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Setelah <i>Sand Blasting</i>	46
4.1.3 Perbandingan Hasil Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Sebelum dan Setelah <i>Sand Blasting</i>	47
4.1.4 Pengaruh Air Laut terhadap Korosi Baja AISI 1045..	49
4.1.5 Identifikasi Senyawa dengan X-Ray Diffraction	50
4.1.6 Pengujian <i>Weight Loss</i> pada Plat Zinc Allum <i>Tercoating</i>	53
4.1.7 Hasil Pengujian Ketebalan Coating dengan Metode DFT... ..	56
4.1.8 Morfologi Material <i>Coating</i> Zn-Al	57
4.1.9 Hasil Pengujian <i>Pull Off Strength</i>	59
4.1.10 Pengamatan Visual Pengujian Mandrel Test.....	66
4.2 Pembahasan.....	73

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
Daftar Pustaka.....	xiv
Lampiran	
Ucapan Terima Kasih	
Biodata Penulis	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Korosi	6
Gambar 2.2 Hot Dip Galvanizing	11
Gambar 2.3 Electroplating	12
Gambar 2.4 Prinsip Thermal Sprayed Coating.	13
Gambar 2.5 Material Substrat	14
Gambar 2.6 <i>Proses Wire Flame Spray</i>	15
Gambar 2.7 Powder Flame Spray	16
Gambar 2.8 Electric Arc Wire Spray	17
Gambar 2.9 Plasma Sprayed Process	17
Gambar 2.10 Penyemprotan HVOF	18
Gambar 2.11 Diagram Fasa Zn-Al	21
Gambar 2.12 (a) Morfologi MFZ dan (b) MFZA coating	21
Gambar 2.13 Morfologi MFZA Coating Setelah Proses Immersion 216 jam	23
Gambar 2.14 Hasil Pengujian IRAS	24
Gambar 2.15 Produk Korosi Pada Zn, Galfan/Galvalume, dan Al	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 Substrat Baja AISI 1045	32
Gambar 3.3 Substrat Plat Zinc Allum	32
Gambar 3.4 Alat Sand Blasting	33
Gambar 3.5 Siever Analysis	35
Gambar 3.6 Proses Flame Spray	36
Gambar 3.7 Alat Uji Salinitas	37
Gambar 3.8 Surface Roughness Tester	38
Gambar 3.9 Dry Film Thickness	39
Gambar 3.10 X-Ray Diffraction	41
Gambar 3.11 <i>Pull Off Test</i>	42
Gambar 3.12 Alat Uji Mandrel	43
Gambar 4.1 Grafik Kekasaran Permukaan Sebelum Sand Blasting	45

Gambar 4.2	Hasil Uji Kekasaran Setelah Sand Blasting	46
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Sebelum dan Setelah Sand Blasting	47
Gambar 4.4	Sebelum Sand Blasting dan Setelah Sand Blasting.....	48
Gambar 4.5	Sebelum Perendaman, dan Setelah Perendaman.. ..	50
Gambar 4.6	Hasil Identifikasi Senyawa XRD 25%Zn- 75%Al.....	51
Gambar 4.7	Hasil Identifikasi Senyawa XRD 50%Zn- 50%Al.....	52
Gambar 4.8	Hasil Identifikasi Senyawa XRD 75%Zn- 25%Al-12	53
Gambar 4.9	Grafik Laju Korosi dengan Komposisi Paduan 25%Zn-75%Al	54
Gambar 4.10	Grafik Laju Korosi dengan Komposisi Paduan 50%Zn-50%Al	55
Gambar 4.11	Grafik Laju Korosi dengan Komposisi Paduan 75%Zn-25%Al	53
Gambar 4.12	Pengamatan Visual Coating Zn-Al	57
Gambar 4.13	Hasil Pengamatan Lapisan <i>Coating</i> Zn-Al yang Terbentuk pada Baja AISI 1045 <i>Tercoating</i> Perbesaran 20 kali.....	58
Gambar 4.14	Foto Makro Material <i>Coating</i> Zn-Al Perbesaran 20 kali.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Material Coating dan Aplikasinya	19
Tabel 2.2 Daftar Seri Paduan Aluminium Tempa	20
Tabel 2.3 Daftar Seri Paduan Aluminium Tuang	20
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045.....	30
Tabel 3.2 Komposisi Paduan Zn-Al pada Proses Flame Sprayed Baja AISI 1045.....	31
Tabel 3.3 Spesifikasi Peralatan Abrasive Grit Blasting Tipe NOB35CE (NORBLAST by Norex Specification Datasheet, 2015).....	34
Tabel 3.4 Pengambilan Data Pengujian Weight Loss Plat Zinc Allum.....	40
Tabel 3.5 Pengujian XRD baja AISI 1045 tercoating setelah direndam 20 hari pada media air laut.....	41
Tabel 3.6 Rancangan Penelitian.....	44
Tabel 4.1 Data Uji Salinitas.....	49
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Weight Loss pada Plat Zinc Allum Tercoating.....	54
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Ketebalan Coating dengan Dry Film Thickness (DFT) pada Baja AISI 1045.....	56
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pull Off Strength	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian <i>Pull Off Strength</i> (Pengamatan Visual).....	61
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Mandrel Baja AISI 1045.....	67
Tabel 4.7 Rekap Data Hasil Pengujian Weight Loss, DFT, Mandrel, dan Pull Off pada Plat Zinc Allum dan Baja AISI 1045.....	72
Tabel 4.8 Pembobotan Nilai Pada Pengujian <i>Weight Loss</i> , DFT, Mandrel, dan <i>Pull Off</i> pada Plat Zinc Allum dan Baja AISI 1045.....	72



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Baja dan besi banyak digunakan di dalam suatu industri. Penggunaan baja dan besi dalam suatu industri memegang peranan penting. Akan tetapi logam memiliki kelemahan yaitu mudah terkorosi. Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti contohnya adalah *platform*/bangunan yang dibangun di atas air laut. Proses korosi air laut berlangsung karena adanya unsur-unsur kimia, oksigen yang larut dan pengaruh bakteri. Korosi logam pada air laut mengikuti mekanisme pada elektrokimia dimana pada logam yang mengalami korosi terdapat tempat-tempat berupa anoda dan katoda. Plat baja karbon dalam air laut mengalami laju korosi antara 0,1 sampai 0,15 mm pertahun. Berbagai upaya untuk memperlambat laju korosi telah dilakukan, salah satunya adalah dengan metode pelapisan (*coating*). Material *coating* yang digunakan pun sudah bermacam-macam bentuknya. Ada yang berbentuk *wire*/kawat. Pada prinsipnya, penggunaan material *coating* yang diaplikasikan pada substrat mempunyai fungsi yaitu untuk menahan/memperlambat laju korosi yang terjadi pada substrat, dalam hal ini adalah baja AISI 1045. Material *coating* yang digunakan adalah serbuk Zn-Al. Pemilihan serbuk ini dipilih karena sifat dari lapisan yang terbentuknya yang memiliki sifat resistansi terhadap korosi yang tinggi di lingkungan ekstrim, khususnya air laut. Terdapat beberapa macam metode pelapisan yang dilakukan, salah satunya adalah dengan proses *flame sprayed*. Metode *flame sprayed* ini adalah salah satu metode *thermal spray* yang menggunakan bahan baku serbuk kemudian disemprotkan pada substrat. Menggunakan prinsip *sacrificial anode* (anoda tumbal) dan berfungsi untuk memperlambat laju korosi pada baja/substrat, terutama pada kondisi seperti pada air laut.

BAB I PENDAHULUAN



Proses semburan logam panas (*metal flame spray process*) adalah salah satu teknik pelapisan (*coating*) logam yaitu dengan cara menyemburkan logam cair ke permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Lapisan *coating* tersebut dapat mencegah logam melakukan kontak dengan elemen penyebab korosi seperti air, ion agresif, dan oksigen sehingga reaksi di daerah katoda dihambat. Perlindungan *coating* seperti ini disebut *barrier protection*. Lapisan *coating* harus memiliki permeabilitas yang rendah terhadap pengaruh mekanik dari luar sehingga fungsi pelapisannya tidak mudah rusak.

Permasalahan yang terjadi pada perlindungan dengan cara pelapisan (*coating*) adalah daya rekat antara material *coating* dan substrat rendah sehingga harus dilakukan *treatment* terlebih dahulu sesuai dengan substrat yang digunakan. Selain itu, poros pun dapat terbentuk yang dapat menyebabkan lapisan *coating* tersebut dapat mengalami kebocoran. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut adalah ketidakseragaman lapisan *coating* yang menempel pada substrat. Untuk menganalisis hal tersebut, variabel jumlah layer dan komposisi paduan pun digunakan. Terdapat tiga (3) variasi jumlah layer dan komposisi paduan yang digunakan. Pemilihan variabel ini digunakan karena dapat mengetahui material mana yang memiliki ketahanan korosi yang lebih baik, ditinjau dari indikasi ada atau tidaknya kebocoran *coating* pada saat diuji XRD. Oleh karena itu, penelitian tentang efektivitas penggunaan *spraying* paduan Zn-Al terhadap perlindungan korosi ini dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh tebal *coating* dan komposisi paduan terhadap daya rekat material *coating* Zn-Al pada substrat baja AISI 1045?



2. Bagaimana pengaruh komposisi paduan terhadap perlindungan korosi baja pada lingkungan air laut?

1.3 Batasan Masalah

Agar diperoleh hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Komposisi material uji baja AISI 1045 dianggap homogen berdasarkan sertifikasi yang telah ada.
2. Pengaruh mikroorganisme yang terdapat pada air laut saat pengujian diabaikan
3. Sudut, jarak *nozzle*, dan tekanan pada proses ini dianggap konstan.
4. Kekasaran setiap spesimen dianggap homogen

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh tebal *coating* dan komposisi paduan terhadap daya rekat material *coating* Zn-Al pada substrat baja AISI 1045
2. Menganalisis pengaruh komposisi paduan terhadap perlindungan korosi baja pada lingkungan air laut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah agar diketahuinya seberapa efektif metode *Flame Sprayed* serbuk Zn-Al terhadap perlindungan korosi baja pada lingkungan air laut. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pemecahan masalah untuk bangunan yang dibangun pada lingkungan air laut dengan menggunakan metode *Flame Sprayed Coating* Zn-Al.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi dan Mekanismenya

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam (biasanya Fe) akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Menurut Trethewey (1991), mekanisme reaksi korosi pada Fe dalam baja adalah sebagai berikut :

Pada anoda terjadi pelarutan besi (Fe) menjadi ion Fe^{2+} :



sedangkan pada katoda terjadi reaksi :



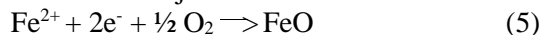
untuk lingkungan (larutan) netral, maka reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



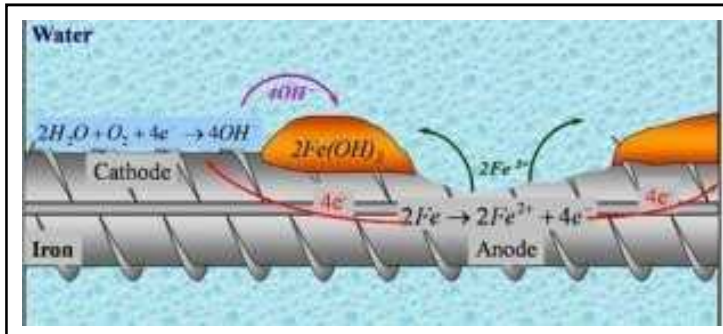
dan untuk lingkungan (larutan) asam, maka reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi di atas terjadi secara bertahap dan sebenarnya terjadi juga berbagai reaksi lanjutan dalam larutan. Pada peristiwa korosi, ion ferro yang terbentuk di anoda akan teroksidasi membentuk ferrokksida (*gamma iron oxide*) berbentuk lapisan sangat tipis yang menempel pada permukaan logam dan mencegah terlarutnya besi lebih lanjut :

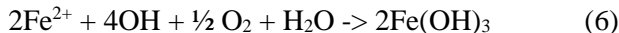


Demikian juga terjadi pada katoda oksigen harus mencapai permukaan logam agar reaksi (1) dan (2) terjadi.



Gambar 2. 1 Mekanisme Korosi (Manufacturers, 2017)

Ion hidroksil yang terbentuk juga dapat terserap pada permukaan membentuk lapisan yang menghalangi penyerapan oksigen. Pada keadaan ini, terjadi polarisasi katoda dan proses korosi berjalan lambat. Pada peristiwa korosi yang cepat, lapisan penghambat (pelindung) tersebut tidak sempat terbentuk, ion Fe bereaksi dengan ion hidroksil



Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses korosi di lingkungan basah dapat terjadi apabila empat syarat terpenuhi yaitu :

1. Ada anoda tempat reaksi anodik terjadi
2. Ada katoda tempat reaksi katodik terjadi
3. Ada media untuk transfer electron/arus
4. Ada lingkungan yang bersifat elektrolit

(Sumarji, 2012)

2.2 Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan degradasi material terhadap waktu. Pengukuran laju korosi (*corrosion rate*) secara eksperimen dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :g

1. Metode pengukuran kehilangan berat (*weight loss*)
2. Metode elektrokimia (tafel dan polarisasi)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



3. Metode perubahan tahanan listrik. Pada metode pengukuran kehilangan berat, besarnya korosi dinyatakan sebagai besarnya kehilangan berat kupon logam yang diuji per satuan luas permukaan persatuan waktu. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

$$CR = \frac{B, \text{ } \cancel{t} W}{D} \quad (7)$$

Dimana :

- CR = Laju korosi (mm/year)
D = Densitas (gram/cm³)
A = Luas permukaan (cm²)
T = Waktu (jam)

Banyak cara yang telah dilakukan untuk menjelaskan satuan laju korosi yang terjadi pada suatu material contohnya gram per inchi kuadrat per jam, persen pengurangan berat dan yang paling banyak digunakan adalah *mills per year (mpy)*.

Metode lain yang dapat dipergunakan untuk menentukan laju korosi logam adalah metode elektrokimia yang pada prinsipnya dengan cara menentukan besarnya arus korosi yang mengalir (i_{corr}) dari sistem elektroda tersebut.

Laju korosi dapat dihitung melalui arus korosi dengan menggunakan Hukum Faraday dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Banyaknya produk suatu reaksi dapat ditentukan oleh banyaknya muatan yang dipindahkan
2. Berat produk reaksi berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir per satuan waktu yang dirumuskan sebagai berikut :

$$W = \frac{BAxixt}{nxF} \quad (8)$$

Dimana :

- W = produk reaksi (gram)
i = Besar arus yang mengalir (coulomb/detik)
t = Lama reaksi (detik)
n = Banyaknya electron yang menyertai reaksi
F = Bilangan Faraday (96500 coulomb/detik)



BA = Berat atom
Jika BA/n menyatakan berat ekuivalen (BE) dan W/t menyatakan laju reaksi (gram/detik) maka persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{W}{t} = \frac{B \times i}{9} \quad (9)$$

Laju korosi pada persamaan di atas dinyatakan dalam gram/detik dan tidak dapat menunjukkan tingkat penetrasi dari serangan korosi. Jika ke dalam persamaan di atas dimasukkan faktor luas area A (cm²) dan berat jenis logam (gram/cm³) maka didapat persamaan laju korosi yang dapat menyatakan daya penetrasi yaitu :

$$\frac{W}{t} = \frac{B \times i}{9 \times A} \quad (10)$$

Jika dikonversikan beberapa satuan yang digunakan sebagai berikut :

- t dalam satuan detik diubah ke dalam tahun
- centimeter diubah ke dalam mili inchi
- μ/A diubah ke dalam coulomb/detik
- i/A menyatakan rapat arus atau i_{corr}

maka persamaan laju korosi dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\text{CR (mpy)} = \frac{0,1 \times B \times i}{9} \quad (11)$$

(Yusuf, 2008)

2.3 Pengendalian Korosi

Secara teoritis proses korosi tidak mungkin dicegah sepenuhnya, karena proses tersebut lebih bersifat alamiah. Namun, bagaimanapun juga usaha untuk menekan atau mencegah proses korosi semaksimal mungkin perlu dilakukan. Pengendalian korosi didasarkan pada beberapa metode, diantaranya metode yang principal adalah pengendalian korosi melalui :

- a. Desain dan pemilihan bahan
- b. *Chemistry treatment* pada media korosif (penggunaan inhibitor)
- c. Pelapisan (*coating*)



- d. Proteksi Anodik
- e. Proteksi Katodik

2.3.1 Desain dan Pemilihan Bahan

Kedua hal ini saling berkaitan karena tahap pemilihan bahan akan sangat menentukan desain yang bagaimana yang akan digunakan agar korosi dapat dikendalikan. Bahan yang baik adalah yang tanpa cacat pada permukaannya, mampu menahan beban statis dan dinamis, serta tahan terhadap korosi, namun hal ini sangat sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu dengan desain yang tepat, material yang cukup murahpun bisa memenuhi kriteria diatas. (Sulistijono, 1999)

2.3.2 Treatment Kimia pada Elektrolit

Pada media cair, pengendalian cukup dengan mengatur pH cairan, menurunkan konsentrasi oksigen, mengatur suhu, menurunkan konduktivitas ionic, atau bila cairan dalam jumlah banyak bisa dilakukan proteksi katodik/ionic, pelapisan atau penambahan inhibitor.

2.3.3 Pelapisan (*coating*)

Secara sederhana, proses pelapisan mengendalikan korosi dengan cara memutis rantai korosi dengan melindungi logam sehingga konduktor atau kontak metallic tidak berfungsi sehingga electron tidak bisa mengalir dan korosi terhambat. Banyak jenis bahan pelapisan (*coating*) untuk menanggulangi terjadinya korosi, salah satunya dengan pelapisan logam. Lapisan metalik merupakan penghalang yang berkesinambungan antara permukaan logam dan lingkungannya. Sifat-sifat ideal untuk bahan pelapis dari logam ini yaitu :

- a. Logam pelapis harus dapat mencegah logam melakukan kontak dengan elemen penyebab korosi (Ridlwani, 2007).
- b. Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan pada permukaannya. Sifat-sifat fisik, seperti kelenturan dan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



kekerasannya, harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.

- c. Metode pelapisannya harus bersesuaian dengan proses fabrikasi yang digunakan untuk produk akhir
- d. Tebal lapisan harus merata bebas dari pori pori

Ada beberapa tahapan penting sebelum suatu logam menjalani proses pelapisan yaitu tahapan persiapannya, yang terdiri dari :

- a. Membuang semua kotoran pada permukaan seperti minyak, debu, dan serpihan dari proses produksi.
- b. Membuang produk-produk korosi yang sudah terbentuk pada permukaan.
- c. Mengatur karakteristik fisik permukaan.

Coating itu sendiri umumnya terbagi ke dalam dua jenis, yaitu *metallic coating* dan *organic coating*.

2.3.3.2 Organic Coating

Merupakan suatu metode perlindungan korosi dengan jalan mengisolasi material dari lingkungannya, dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan material yang akan dilindungi. Ketebalan *coating* yang dibuat pada permukaan material disesuaikan dengan lingkungan kerja material yang dilindungi, sebagai contoh lambung kapal dicoating dengan ketebalan 250 mikron sedangkan kaleng dicoating dengan ketebalan 5 mikron. Bahan-bahan penyusun *organic coating* terdiri dari :

- *Resin /film forming substances*

Merupakan zat yang tidak mudah menguap yang dapat berasal dari alam maupun sintetik. Bahan ini apabila telah mengering akan membentuk lapisan pelindung yang tipis yang kontinyu pada permukaan material yang dilindungi.

- *Dyes/pigments*

- *Solvents* : Merupakan suatu zat yang digunakan sebagai pelarut resin sehingga akan mempercepat proses pengeringan dari *coating* yang dilakukan serta mengurangi viskositas dari resin.

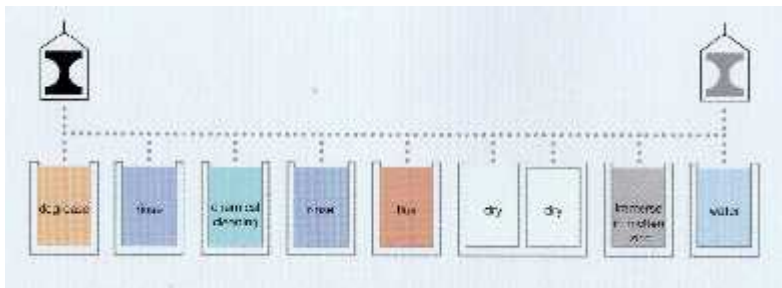


- *Plasticizers* : Merupakan zat yang ditambahkan untuk meningkatkan elastisitas dari lapisan *coating*

2.3.3.1 *Metallic Coating*

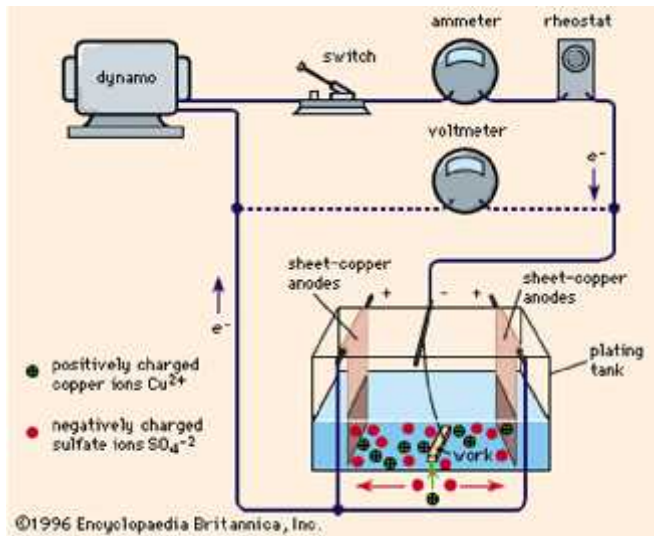
Metallic coating adalah salah satu dari klasifikasi *coating* yang menggunakan bahan *metal* sebagai material *coatingnya* untuk diaplikasikan pada permukaan substrat. Terdapat tiga macam metode yang umum digunakan yaitu *hot dip*, *electroplating*, , dan *thermal sprayed* :

-) *Hot dip galvanizing* : adalah suatu proses *coating* yang menggunakan metode pencelupan ke dalam bak berisi zinc cair yang telah dipanaskan pada temperatur sekitar 450°C setelah dilakukan proses *pickling* dan *fluxing*.



Gambar 2. 2 Hot Dip Galvanizing (Steel Construction, 2017)

-) *Electroplating* : adalah proses *coating* yang menggunakan prinsip elektrolisis, dimana akan membentuk sebuah lapisan tipis pada permukaan substrat. Komponen dari *electroplating* ini adalah katoda, anoda, elektrolit, dan *rectifier*



Gambar 2. 3 Electroplating (Steel Construction, 2017)

) *Thermal Sprayed* : adalah proses *coating* dimana dilakukan proses penyemprotan material *coating* pada permukaan substrat. Material *coating* yang digunakan dapat berbentuk *wire* ataupun serbuk. Terdapat dua sumber energi utama yaitu energi kimia dan arus listrik.

(Steel Construction, 2017)

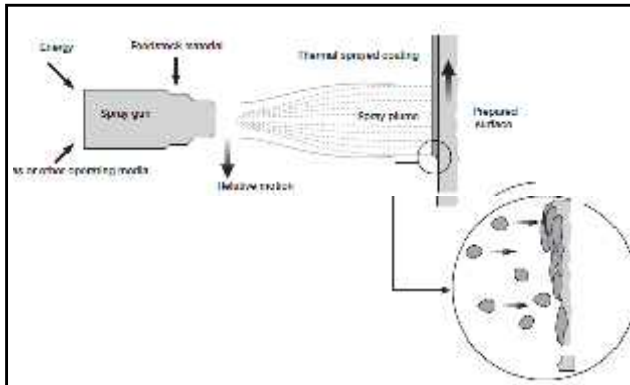
2.4 Thermal Sprayed Coatings

Thermal spray coating didefinisikan sebagai proses pelapisan yang memerlukan suatu alat yang mampu untuk mendorong baik itu material yang telah mengalami proses peleburan dengan kecepatan yang tinggi kepada material substrat yang telah dilakukan preparasi terlebih dahulu. Material yang akan digunakan untuk proses *thermal spray* dicairkan dengan cara dipanaskan. Material yang telah dicairkan kemudian didorong oleh proses gas dan disemprotkan pada permukaan material substrat, yang

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



kemudian akan mengeras dan membentuk lapisan yang kuat. Proses thermal sprayed dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 4 Prinsip Thermal Sprayed Coating (Metco, 2013)

2.5 Proses Thermal Sprayed Coatings

Pada proses ini, faktor penting yang harus diperhatikan adalah material substrat dan macam-macam prosesnya. Terdapat beberapa proses yang berbeda untuk aplikasi dari *thermal sprayed coating*, yaitu :

-) Proses *Flame Spray*
-) *Arc Wire Spray*
-) *Plasma Spray*
-) *HVOF (High Velocity Oxy-Fuel Spray)*

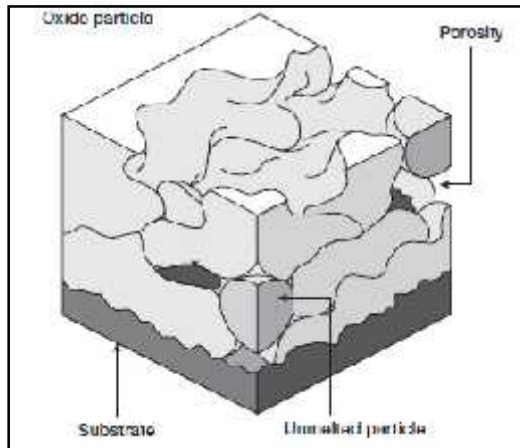
2.5.1 Material Substrat

Material substrat yang sesuai adalah material yang bisa dilakukan proses *sand blasting* prosedur yang berfungsi untuk membuat permukaan menjadi kasar, umumnya memiliki kekerasan permukaan sekitar 55 HRC atau lebih rendah. Prosedur yang lain akan dibutuhkan saat kekerasan material substrat melebihi dari 55 HRC. Faktor penting yang harus diperhatikan pada saat sebelum dilakukan pelapisan adalah gaya adhesi dari material *coating* dan substratnya. Gaya adhesi yang terjadi dipengaruhi oleh ikatan



mekanik, pembersihan yang merata, dan pre-treatment terhadap permukaan yang akan dilakukan proses pelapisan

Setelah pengotor pada substrat dibersihkan dengan metode mekanik ataupun kimia, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah membuat permukaan kasar dengan menggunakan prosedur *sand blasting*. Proses *sand blasting* adalah proses pembersihan permukaan dengan menggunakan pasir dan udara dengan tekanan tinggi dari compressor sehingga permukaan substrat menjadi bersih dan material *coating* dapat menempel dan membentuk ikatan yang kuat dengan permukaan substrat.



Gambar 2. 5 Material Substrat (Metco, 2013)

2.5.2 Flame Spray Konvensional Proses

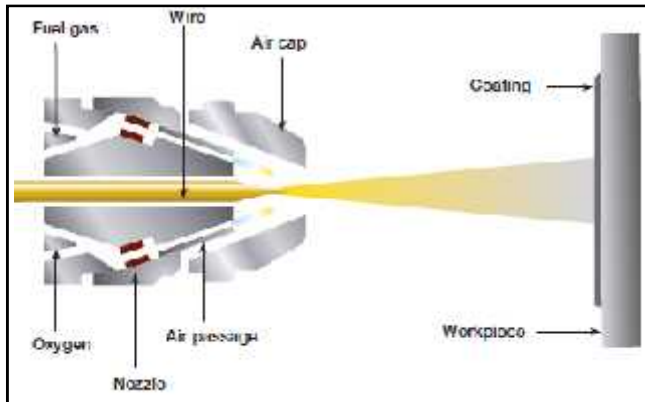
2.5.2.1 Wire Flame Spray

Dengan proses ini, material yang berbentuk kawat tipis dicairkan di dalam gas oksigen panas. Bahan untuk mencairkan dapat berupa asetilena, propana, ataupun hydrogen. Kawat tipis di dalam tempat yang panas, dimana kawat tersebut dicairkan dan diatomisasi dengan tambahan dari udara bertekanan tinggi yang

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



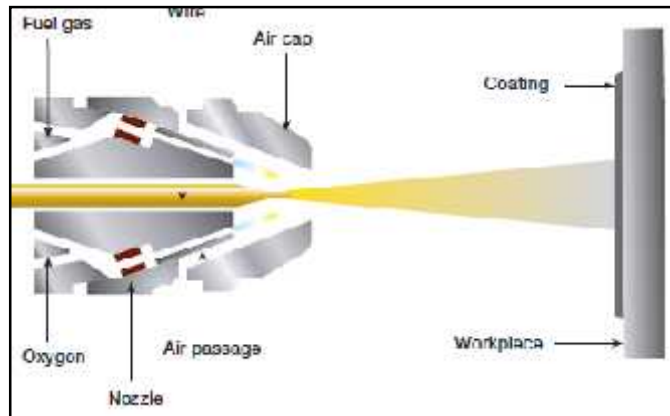
langsung mengarahkan kawat yang dicairkan tersebut menuju permukaan benda kerja.



Gambar 2. 6 Proses Wire Flame Spray (Metco, 2013)

2.5.2.2 Powder Flame Spray

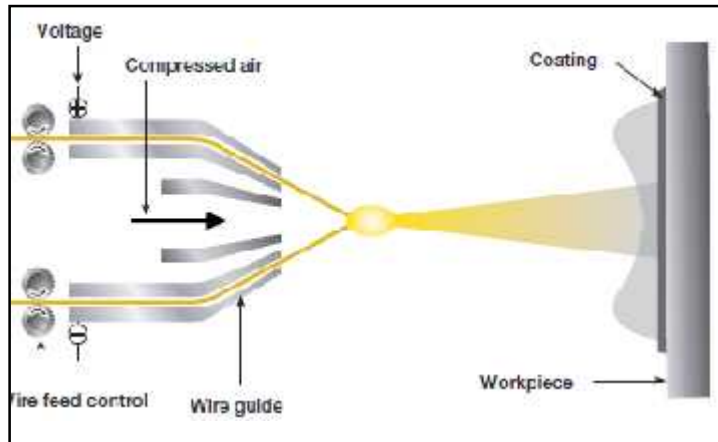
Prinsip dari proses ini hampir sama dengan proses *wire spray*. Yang membedakan adalah material *coating* dari proses ini adalah serbuk. Dengan menggunakan proses ini, seleksi material dapat lebih mudah dilakukan karena tidak semua material dapat digunakan dalam bentuk kawat (*wire*).



Gambar 2. 7 Powder Flame Spray (Metco, 2013)

2.5.3 Electric Arc Wire Spray

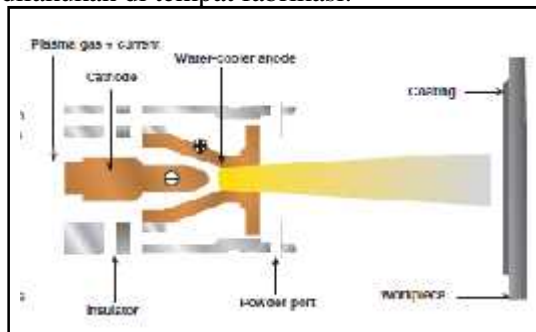
Dengan menggunakan proses ini, busur (*arc*) dibentuk dari kontak dua kawat metal yang diisi dari tempat yang berlawanan, biasanya komposisi materialnya sama. Hal ini menyebabkan kawat tersebut mencair. Udara disemprotkan terhadap material yang telah dicairkan dan langsung menuju material substrat. Tingkat penyemprotan disesuaikan dengan kawat yang telah dicairkan, sehingga busur penyemprotan yang konstan dapat selalu dijaga.



Gambar 2. 8 Electric Arc Wire Spray (Metco, 2013)

2.5.4 Plasma Spray

Plasma spray proses digunakan pada suatu benda yang mempunyai permukaan bahan yang mencair pada temperatur yang sangat tinggi. Sebuah sistem semprot plasma terdiri dari catu daya, sumber gas, pistol, dan mekanisme *feed powder*. *Plasma spraying* biasanya dilakukan di tempat fabrikasi.

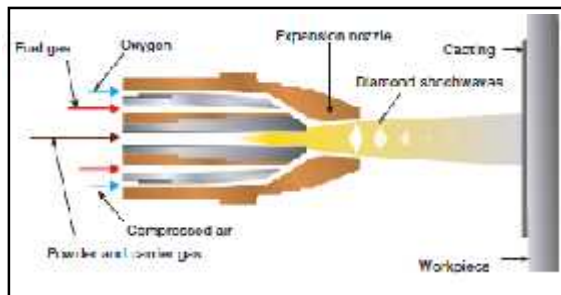


Gambar 2. 9 Plasma Sprayed Process (Metco, 2013)



2.5.5 Penyemprotan HVOF

Penyemprotan HVOF merupakan salah satu metode yang baru dari *thermal spray*. HVOF menggunakan oksigen dan bahan bakar gas pada tekanan tinggi, Jenis bahan bakar yang digunakan adalah propana, propelina, dan hidrogen. Campuran gas pembakaran dipercepat dengan kecepatan supersonic. Proses thermal meminimalkan masuknya dan memaksimalkan energy kinetic partikel untuk menghasilkan lapisan yang sangat padat dengan porositas yang rendah dan kekuatan ikatan yang tinggi.



Gambar 2. 10 Penyemprotan HVOF (Metco, 2013)

2.6 Material Coating

Pada dasarnya, jenis material yang tidak terdekomposisi pada saat dicairkan dapat digunakan sebagai material *coating*. Mengacu pada proses *thermal spray*, material *coating* tersebut dapat berupa kawat metal ataupun dalam bentuk serbuk. Pada tabel 2.1, beberapa material yang sering digunakan telah dijabarkan, bersama dengan contoh material, karakteristik, dan aplikasinya. Memilih material *coating* yang cocok digunakan untuk aplikasi tertentu memerlukan pengetahuan tentang kondisi lingkungan juga tentang material *coating*-nya tersebut.

Selain dari karakteristik fisik, seperti koefisien ekspansi, massa jenis, konduktivitas panas, dan titik leleh, faktor tambahan, seperti ukuran partikel, distribusi ukuran partikel, dan proses pembuatan dari material serbuk (agglomerasi, disinter, komposit) akan mempengaruhi performa dari material *coating* dan hasil *coating* tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Tabel 2. 1 Material Coating dan Aplikasinya (Metco, 2013)

Material Class	Typical Alloy	Characteristics	Example Application
Refractorys	Zr	Outstanding oxidation resistance	Engine exhaust valves
Self-lubricating alloys	Pb-15Sn	High hardness, lubricious surface	Shafts, bearings
Steel	Pb-30Zr	Economical, wear resistance	Pistons
Al-Ni	Al-6Ni	High temperature corrosion resistance	Gas turbine blades
Naval graphite	Ni-15C	Anti-rolling	Compressor inlet ducts
Copper	Al-10Cu	Oxidation resistance, high hardness	Boiler industry
Ceramics	WC-12Co	Wear resistance	Shafts

(Metco, 2013)

2.6.1 Zn (Seng)

Seng merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 g/mol, konfigurasi elektron $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2$ dan terdapat pada golongan IIB unsur transisi di dalam tabel periodik. Seng adalah logam yang berwarna putih kebiruan yang sangat mudah ditempa. Seng liat pada suhu 110- 1500 C, melebur pada suhu 4100 C, dan mendidih pada suhu 9060 C. (Capayanti, 2015)

2.6.2 Al (Aluminium)

Aluminium merupakan logam non-ferrous yang paling banyak digunakan di dunia, dengan pemakaian tahunan sekitar 24 juta ton. Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm^3 sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm^3), tembaga (8.93 g/cm^3), atau kuningan (8.53 g/cm^3), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi pada lingkungan luas termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia.

Pemakaian aluminium dalam dunia industri yang semakin tinggi, menyebabkan pengembangan sifat dan karakteristik aluminium terus menerus ditingkatkan. Aluminium dalam bentuk murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak



cukup baik digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan deformasi dan patahan, maka dari itu perlu ditambahkan unsur lain untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal dengan istilah aluminium *alloy* merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa (*wrought*) dan paduan tuang (*casting*). Daftar seri paduan aluminium tempa dapat dilihat pada Tabel 2.2, sedangkan untuk aluminium tuang dapat dilihat pada Tabel 2.3. Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuatlah sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut untuk memudahkan pengklasifikasiannya.

Tabel 2. 2 Daftar Seri Paduan Aluminium Tempa (Rahmawati, 2010)

No. Seri	Komposisi Paduan
1xxx	Aluminium murni
2xxx	Paduan aluminium-tembaga
3xxx	Paduan aluminium-mangan
4xxx	Paduan aluminium-silicon
5xxx	Paduan aluminium-magnesium
6xxx	Paduan aluminium-magnesium-silicon
7xxx	Paduan aluminium-seng
8xxx	Paduan aluminium-timah-lithium
9xxx	Disiapkan untuk penggunaan masa depan

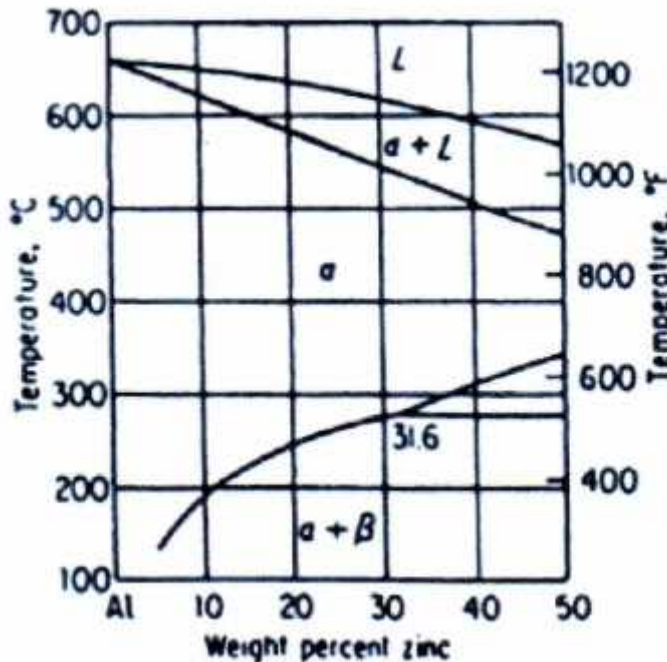
Tabel 2. 3 Daftar Seri Paduan Aluminium Tuang (Rahmawati, 2010)

No. Seri	Komposisi Paduan
1xx.x	Aluminium murni
2xx.x	Paduan aluminium-tembaga
3xx.x	Paduan aluminium-silikon-magnesium
4xx.x	Paduan aluminium-silicon
5xx.x	Paduan aluminium-magnesium
6xx.x	Tidak digunakan
7xx.x	Paduan aluminium-seng
8xx.x	Paduan aluminium-timah
9xx.x	Belum digunakan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.6.3 Diagram Fasa Zn-Al



Gambar 2.11 Diagram Fasa Zn-Al (Sidney, H.A, 1974)

Kelarutan Zn pada aluminium adalah 31,6% pada suhu 257 °C, akan tetapi turun menjadi 5,6% pada 257°F. Paduan aluminium tempa komersil mengandung Zn, Mg, dan Cu dengan sejumlah kecil penambahan Mg dan Cr. Sedangkan paduan Al – Zn cor dikenal sebagai 40E, mengandung 5,5% Zn, 0,6% Mg, 0,5% Cr, dan 0,2% Ti, memberikan sifat-sifat mekanik perlakuan kelarutan.

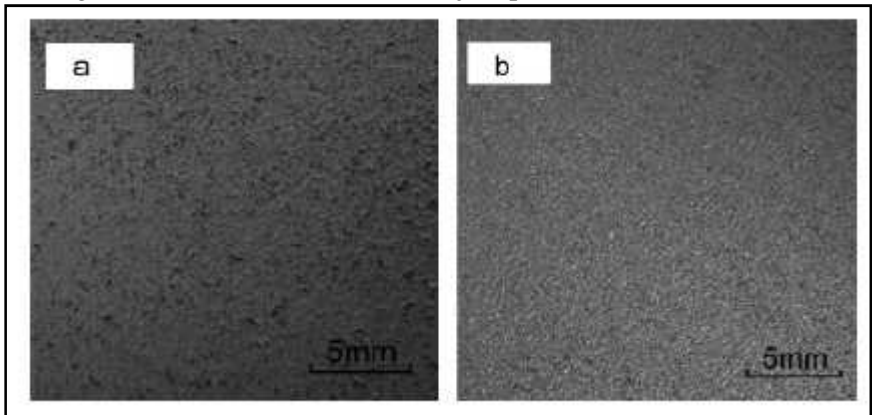
(Sidney, H.A, 1974)

2.7 Perbandingan Morfologi Zn Coating dan Zn-Al Coating

Perbandingan morfologi antara Zn coating dan Zn-Al coating dapat dilihat dari proses coating yang dilakukan. Pigmen

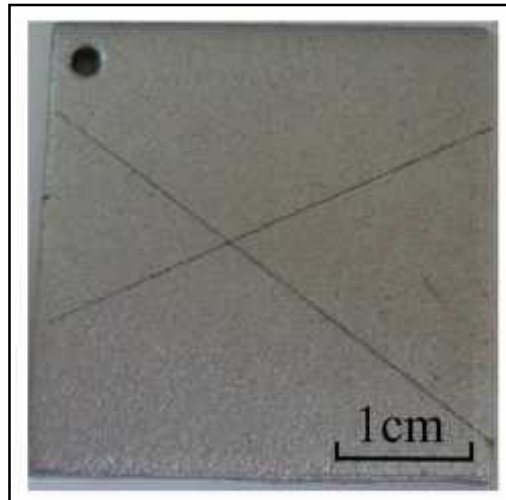


Zn dengan fraksi massa 25% ditambahkan ke dalam silicon (Si) yang telah dimodifikasi dan dilakukan proses *stirring*, sehingga terbentuklah lapisan dengan kadar Zn yang besar (ditulis dengan MFZ). Pigmen Al dan pigmen Zn dengan rasio massa 15:85 dicampurkan sehingga menjadi homogeny sehingga terbentuklah lapisan Zn-Al (ditulis dengan MFZA). MFZ dan MFZA *coating* dilakukan pada sebuah pelat baja. Proses pengujian dilakukan dengan cara di *immerse* selama 216 jam pada larutan NaCl 3,5%.



Gambar 2. 12(a) Morfologi MFZ dan (b) MFZA coating (Zhang L. d., 2012)

Pada Gambar 2.9 terdapat dua morfologi dari MFZ dan MFZA *coating*. Terlihat jelas pada gambar bahwa morfologi pada gambar 2.9 (b), yaitu pada MFZA *coating*, morfologi permukaan terlihat lebih terang. Hal ini akibat pengaruh dari pigmen Al. Pigmen Al menyebabkan metal menjadi berwarna lebih perak dan bercahaya, sehingga morfologi yang tampak pada MFZA *coating* menjadi lebih terang dibanding MFZ *coating*.



Gambar 2. 13 Morfologi MFZA Coating Setelah Proses Immersion 216 jam (Zhang L. d., 2012)

Gambar 2.10 menunjukkan morfologi permukaan MFZA coating yang diberi *scratch*/goresan setelah dilakukan proses *immerse* selama 216 jam untuk menunjukkan apakah terjadi korosi. Dari gambar tersebut tidak ada tanda tanda korosi yang terjadi pada substrat metal dengan MFZA coating. Karena reaksi pasivasi yang terjadi pada pigmen Al pada MFZA coating, arus antara lapisan anoda dan baja katodik menurun. Oleh karena itu, MFZA coating memberikan proteksi terhadap korosi yang lebih lama dibandingkan dengan MFZ coating.

(Zhang L. d., 2012)

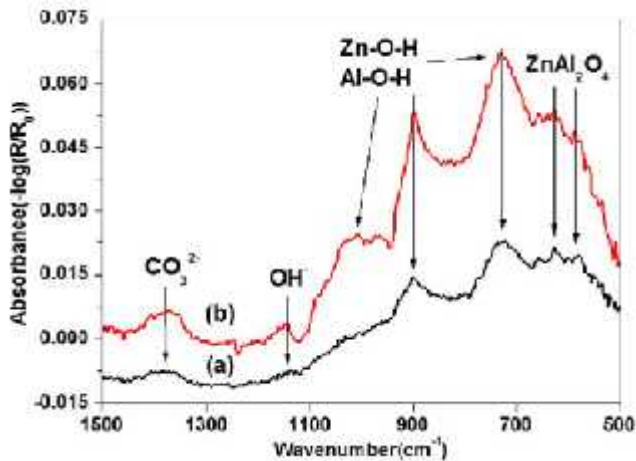
2.8 Penelitian Sebelumnya

(Xiang Zhang, 2014) telah melakukan penelitian terhadap proses coating yang material coatingnya berupa zn-al (galvalum coating) pada lingkungan dengan kadar ion Cl^- yang tinggi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

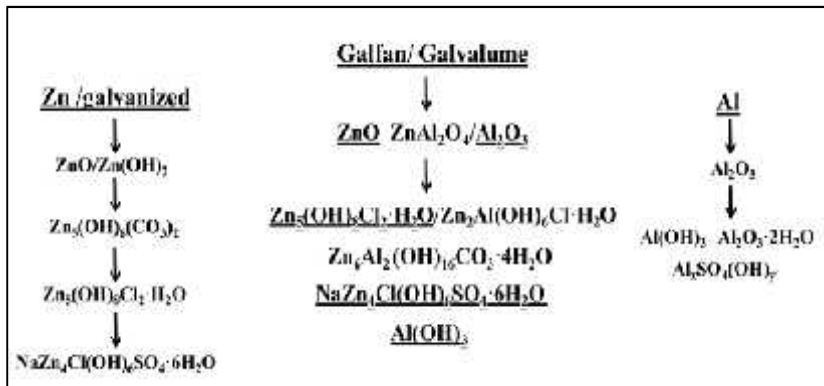


Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja (tidak disebutkan apakah termasuk baja karbon rendah, medium, tinggi) yang dilapisi oleh material *coating* Zn-Al dengan menggunakan metode *hot dip galvanizing*. Adapun hal yang dianalisis adalah senyawa dan produk korosi yang terbentuk pada saat dilakukan pengujian IRAS dengan mencari *peak* tertinggi yang didapat.



Gambar 2.14 Hasil Pengujian IRAS (Zhang X. , 2014)

3 peak yang utama pada pada gambar 2.13 terletak pada rentang *wavenumber* 700-1100 cm^{-1} teridentifikasi untuk senyawa ZnAl_2O_4 , Zn-O-H, Al-O-H, yang merupakan bukti bahwa terjadi pembentukan lapisan *coating* paduan antara zinc dan aluminium. Selain itu teridentifikasi pula produk korosi yang terbentuk yaitu $\text{Zn}_2\text{Al}(\text{OH})_6\text{Cl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2\cdot \text{H}_2\text{O}$.



Gambar 2. 15 Produk Korosi Pada Zn, Galfan/Galvalume, dan Al (Zhang X. , 2014)

(Zhang X. , 2014)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

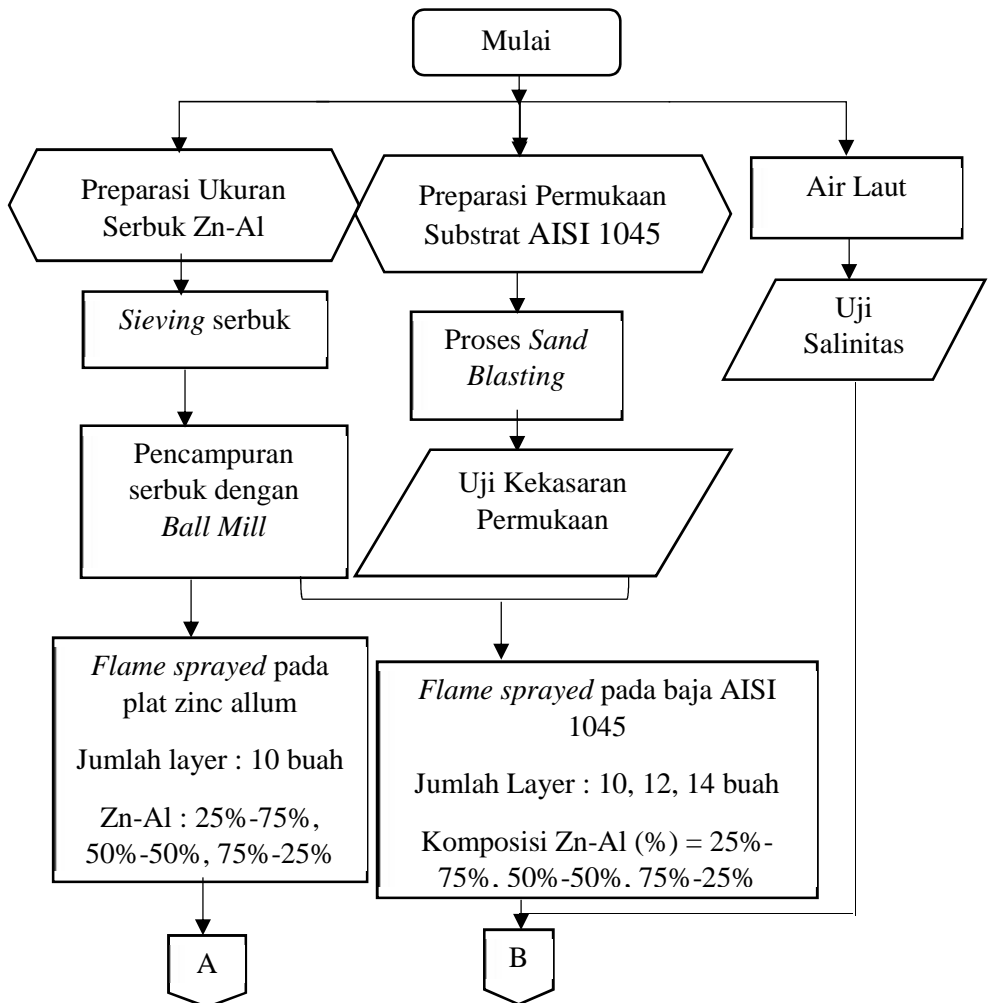
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

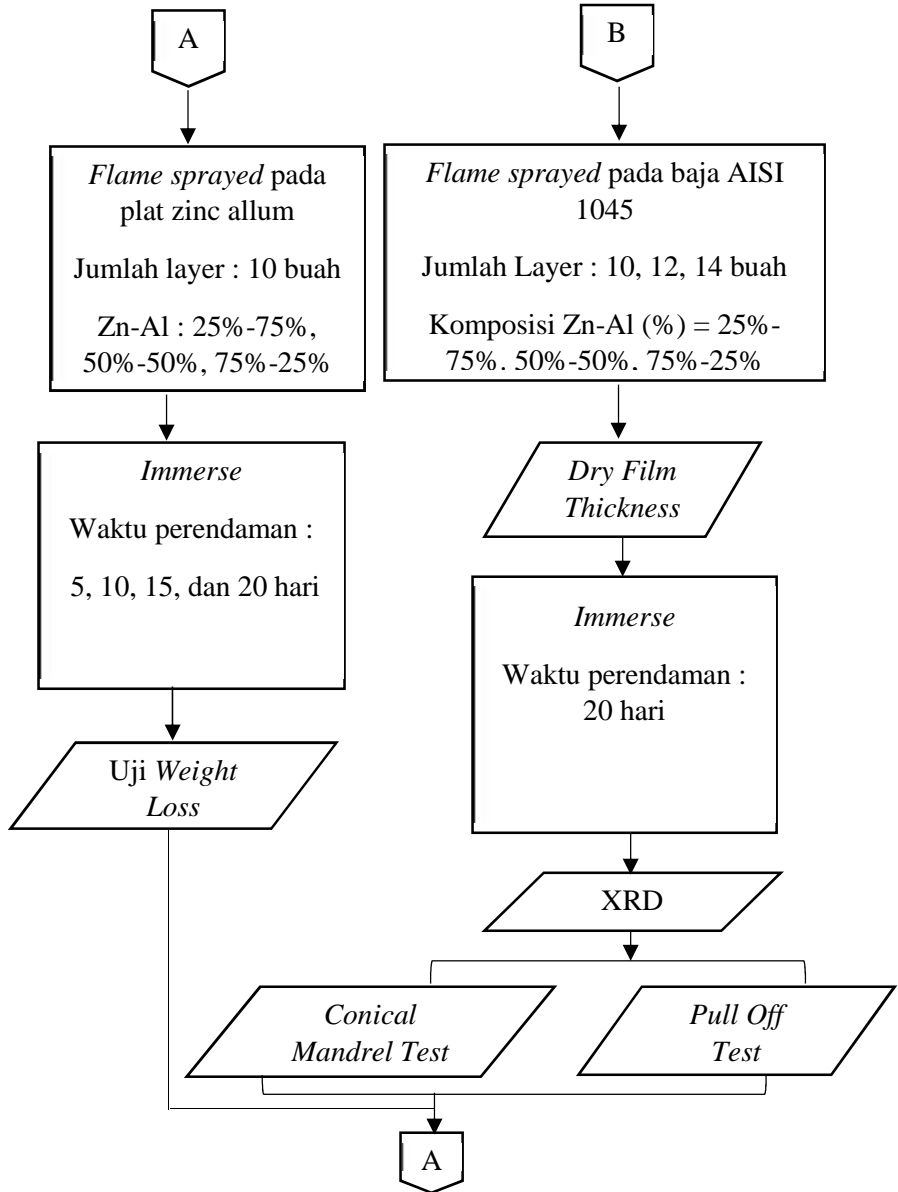


BAB III

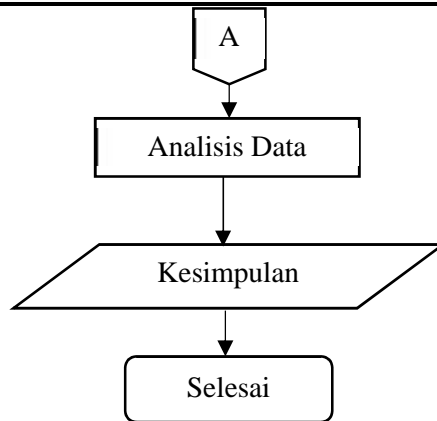
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir





BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode Perancangan

Metode yang dilakukan pada perancangan ini antara lain :

1. Studi Literatur

Metode ini mengacu pada buku-buku, jurnal-jurnal terbaru, informasi dan penelitian dari situs industri yang mempelajari mengenai permasalahan korosi atmosferik terutama yang membahas mengenai korosi pada air laut dan metode *coating* dengan menggunakan *flame sprayed*.

2. Diskusi

Tahapan ini dilakukan untuk menambah wawasan tambahan agar penulis dapat lebih memahami tentang masalah dan solusi penelitian yang dilakukan. Diskusi dilakukan dengan dosen pembimbing penelitian, teman-teman, dan perusahaan terkait.

3. Eksperimental

Metode ini dilakukan dengan pengujian langsung sesuai dengan prosedur dan metode yang ada. Adapun pengujian yang diperlukan dalam eksperimen ini adalah : uji salinitas air laut, kekasaran permukaan, *dry film thickness*, uji *weight loss*, XRD, *pull off test*, dan *conical mandrel test*.



3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Timbangan kimia
2. Gelas Plastik
3. Kertas Amplas
4. Spatula
5. Resin
6. Katalis
7. *Siever Analysis*
8. *Epoxy Adhesive Strength*
9. Lem Dexton
10. Gunting
11. *Flame and Fused Spray Gun*
12. *Sand Blasting*
13. *Sample holder*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Baja AISI 1045, sebagai substrat yang diproteksi dengan komposisi sebagai berikut (sesuai sertifikat) :

Tabel 3. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045

C (%)	Si (%)	Mn (%)
0.49	0.241	0.62
P (%)	S (%)	Fe (%)
0.033	0.018	98.598

2. Serbuk seng (Zn)
3. Serbuk aluminium (Al)
4. Plat zinc allum
5. Air laut



Tabel 3. 2 Komposisi Paduan Zn-Al pada Proses Flame Sprayed
Baja AISI 1045

Komposisi Paduan	Jumlah Layer
25%Zn/75%Al	10
25%Zn/75%Al	12
25%Zn/75%Al	14
50%Zn/50%Al	10
50%Zn/50%Al	12
50%Zn/50%Al	14
75%Zn/25%Al	10
75%Zn/25%Al	12
75%Zn/25%Al	14

3.4 Material Uji

Pada penelitian ini, digunakan dua substrat yang dilakukan proses *flame sprayed*, yaitu :

1. Substrat Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 berbentuk plat digunakan untuk menguji karakteristik ikatan yang terjadi antara material *coating* dan substrat, serta untuk mengetahui senyawa yang terkandung setelah dilakukan proses *coating*, kemudian menganalisisnya. Dimensi dari baja AISI 1045 ini adalah 2 x 2 x 0,1 cm, 10 x 2 x 0,1 cm, dan 6 x 4 x 2 cm. Dan dilakukan proses *flame sprayed* pada baja AISI 1045 dengan jumlah layer 10, 12, dan 14 buah. Variasi komposisi paduan yang dipakai adalah 25%Zn-75%Al, 50%Zn-50%Al, dan 75%Zn-25%Al.



Gambar 3. 2 Substrat Baja AISI 1045

2. Substrat Plat Zinc-Allum

Plat zinc allum ini merupakan material yang disemprot material *coating* zn-al yang berfungsi untuk mengetahui laju korosi material *coating* zn-al. Plat *zinc allum* ini dilakukan proses *coating* dengan jumlah layer sebanyak 10 buah dengan komposisi paduan 25%Zn-75%Al, 50%Zn-50%Al, dan 75%Zn-25%Al. Jumlah plat zinc allum yang digunakan adalah 3 buah dengan ukuran 5 x 2 cm



Gambar 3. 3 Substrat Plat Zinc Allum

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



3.5 Proses Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Proses *Sand Blasting* pada Permukaan Baja AISI 1045

Sebelum dilakukannya proses *flame sprayed*, dibutuhkan permukaan yang bersih dan kasar agar material *coating* dapat menempel pada permukaan substrat baja AISI 1045. Proses *sand blasting* adalah bagian dari *surface preparation* yang berfungsi untuk membersihkan permukaan agar terbebas dari pengotor dan membuka pori-pori dari spesimen agar *coating* dapat melekat lebih kuat. Proses *blasting* disini menggunakan proses *abrasive grit blasting*, dengan ukuran mesh sebesar 24 mesh..



Gambar 3. 4 Alat Sand Blasting

Adapun spesifikasi dari alat *sand blasting* ini terdapat pada tabel 3.5 :



Tabel 3. 3 Spesifikasi Peralatan Abrasive Grit Blasting Tipe NOB35CE (NORBLAST by Norex Specification Datasheet, 2015)

Spesifikasi	Keterangan
<i>Capacity</i>	35 Liters
<i>Pipe Work</i>	½"
<i>Grit Blasting house dia</i>	13 mm
<i>Remote control handle</i>	Pneumotic
<i>Hose length</i>	10 m
<i>Connector Nozzle</i>	½" threaded
<i>Filter</i>	Vortex Air Conditionig
<i>Hose Nozzle (As Required)</i>	3/8" (9 mm)
<i>Pressure (for steel)</i>	7 Bar
<i>Required air for nozzle 3/8</i>	5 m ³ min/200 cfm
<i>Required Abrasive</i>	478 kg/hour
<i>Required H.P</i>	39

2. Preparasi Serbuk Zinc dan Aluminium

Proses preparasi serbuk zinc dan aluminium ini dilakukan dengan menggunakan *siever analysis*. Serbuk zinc dan aluminium masing-masing dimasukkan ke dalam *siever analyser* (metode bernama *sieving*) hingga mencapai ukuran serbuk sebesar 10 µm. Waktu *sieving* berkisar antara 15-20 menit setiap kali proses. Setelah serbuk zinc dan aluminium masing-masing dilakukan proses *sieving*, dilakukan proses pencampuran kedua serbuk tersebut dengan menggunakan *ball mill* agar tercapai paduan zinc aluminium yang homogen.



Gambar 3. 5 Siever Analysis

3. Proses *Flame Spray* pada Baja AISI 1045 dan Plat Zinc Allum

Proses ini dilakukan setelah melakukan *sand blasting* pada baja AISI 1045. Untuk plat zinc allum, hanya perlu dilakukan proses pembersihan menggunakan tiner untuk menghilangkan pengotor dari permukaan dengan cara diusap. Setelah itu, menentukan komposisi paduan dari masing-masing serbuk Zn dan serbuk Al serta tebal *coatingnya*, yang akan disemprotkan pada permukaan baja AISI 1045 dan plat zinc allum. Ada beberapa parameter yang digunakan dalam proses ini :

) Untuk Baja AISI 1045

- ➔ Temperatur 900-1100°C
- ➔ Sudut *Spray* 90°
- ➔ Jarak penyemprotan 15 cm
- ➔ Jumlah layer berjumlah 10, 12, dan 14
- ➔ Tekanan oksigen 60 Mpa
- ➔ Tekanan asetilena 20 Mpa



- J Untuk Plat Zinc Allum
- ➔ Temperatur 900-1100°C
 - ➔ Sudut *Spray* 90⁰
 - ➔ Jarak penyemprotan 15 cm
 - ➔ Jumlah layer berjumlah 10
 - ➔ Tekanan oksigen 60 Mpa
 - ➔ Tekanan asetilena 20 Mpa



Gambar 3. 6 Proses Flame Spray

3.6 Proses Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian yang dilakukan mencakup tujuh (7) pengujian, yaitu :

1. Uji Salinitas

Untuk mengetahui kandungan ion yang terdapat pada air laut dilakukanlah uji salinitas. Metode analisis yang digunakan pun bervariasi antara lain : AAS, argentometri, kompleksometri, dan spektrofotometri.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. 7 Alat Uji Salinitas

2. *Surface Roughness Test* pada Baja AISI 1045

Sebelum dilakukan proses *coating*, terlebih dahulu dilakukan proses *sand blasting* pada permukaan baja AISI 1045 dan kemudian diukur kekasaran permukaannya sebelum dan sesudah dilakukan proses *sand blasting*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai penambahan kekasaran permukaan yang terjadi.



Gambar 3. 8 Surface Roughness Tester

3. *Dry Film Thickness*

Untuk mengetahui ketebalan *coating* Zn-Al pada baja AISI 1045, dilakukanlah pengujian *dry film thickness* (DFT). Untuk mengkalibrasi agar hasil yang didapat akurat, pada saat sebelum DFT ini diaplikasikan ke material *coating*, digunakan kertas tipis yang terdapat angka standar ketebalan *coating*nya.



Gambar 3. 9 Dry Film Thickness

4. Uji *Weight Loss* pada Plat Zinc Allum

Metode *weight loss* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung laju korosi yang terjadi pada substrat yang telah terlindungi oleh lapisan *coating*. Pengujian *weight loss* ini mengacu pada standar **ASTM G31-72** (G31-72, 2004). Langkah-langkah untuk menentukan nilai *weight loss* pada penelitian ini yaitu :

- ➔ Menyiapkan sampel plat *zinc allum* tercoating sebanyak 3 buah dengan komposisi yang berbeda
- ➔ Menimbang plat *zinc allum* sebagai data berat sampel awal.
- ➔ Mengisi gelas plastik dengan air laut, kemudian melakukan proses *immerse* plat *zinc allum* yang telah tercoating *Zn-Al* ke dalam media air laut.
- ➔ Waktu untuk proses *immerse* plat *zinc allum* tersebut adalah 20 hari. Dengan siklus pengambilan berturut-turut adalah 5, 10, 15, dan 20 hari.
- ➔ Melakukan pembersihan terhadap spesimen kemudian diukur pengurangan berat yang terjadi sehingga dapat dihitung laju korosi yang terjadi pada plat *zinc-allum* yang telah tercoating



Cara menghitung laju korosi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

Dimana :

r : laju korosi

W : kehilangan berat benda uji selama pengujian (gr)

A : luas permukaan total (cm²)

T : waktu kontak/lama pengujian (jam)

D : ρ benda uji (gram/cm³)

Satuan laju korosi yang digunakan adalah mm/y, sehingga nilai konstanta laju korosinya (K) adalah 8.76×10^4

Tabel 3. 4 Pengambilan Data Pengujian Weight Loss Plat Zinc Allum

Komposisi Paduan Zn-Al	Jumlah	5 hari	10 hari	15 hari	20 hari
25% Zn-75% Al	1 buah	v	v	v	v
50% Zn-50% Al	1 buah	v	v	v	v
75% Zn-25% Al	1 buah	v	v	v	v

5. XRD (X-Ray Diffraction) pada Baja AISI 1045 Tercoating

Analisis XRD merupakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai jenis senyawa yang terdapat dalam suatu material. Analisis XRD dilakukan untuk membuktikan ada atau tidaknya unsur Fe yang bereaksi dengan air laut. Mekanisme kerja analisis XRD ini yakni baja AISI 1045 yang telah dilakukan proses *coating* dan direndam di air laut, berukuran 2 x 2 x 0,1 cm, ditempatkan dalam sample holder yang terdapat dalam XRD kemudian ditembak sinar X. Data hasil penyinaran Sinar X berupa spektrum difraksi. Sinar X dideteksi oleh detektor dan kemudian data difraksi tersebut direkam dan dicatat oleh komputer dalam bentuk grafik *peak* intensitas. Kemudian dianalisis senyawa yang terbentuk dari grafik tersebut dengan cara melihat 3 *peak* tertinggi yang terdapat pada grafik dengan menggunakan *software* tertentu sehingga dapat menghasilkan suatu data.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. 10 X-Ray Diffraction

Adapun rancangan penelitian yang dilakukan untuk menganalisis senyawa yang terbentuk ini dapat dilihat pada tabel 3.5. Pengujian XRD ini dilakukan setelah baja AISI 1045 direndam pada media air laut selama 20 hari.

Tabel 3. 5 Pengujian XRD baja AISI 1045 tercoating setelah direndam 20 hari pada media air laut

Baja AISI 1045		
Jumlah Layer	Komposisi Paduan Zn-Al	Jumlah
10	25% Zn, 75% Al	1 buah
	50% Zn, 50% Al	1 buah
	75% Zn, 25% Al	1 buah
12	25% Zn, 75% Al	1 buah
	50% Zn, 50% Al	1 buah
	75% Zn, 25% Al	1 buah
14	25% Zn, 75% Al	1 buah
	50% Zn, 50% Al	1 buah
	75% Zn, 25% Al	1 buah



6. *Pull Off Test* pada Baja AISI 1045 Tercoating

Pada proses *thermal spray coating*, kekuatan adhesi dari substrat dan material *coating*-nya diuji dengan pengujian *Pull Off Strength* sesuai dengan standar **ASTM D4541** (D4541-09e1, 2009). Pengujian *pull off* ini berfungsi untuk mengetahui nilai gaya adhesi yang terjadi antara material *coating* dan permukaan baja AISI 1045.



Gambar 3. 11 *Pull Off Test*

7. *Conical Mandrell Test* pada Baja AISI 1045 Tercoating

Mandrell test adalah salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah material *coating* tersebut masih tetap menempel atau tidak pada permukaan baja AISI 1045 setelah dilakukan proses penekukan melalui pengamatan visual. Pengujian mandrel dilakukan dengan menggunakan metode *side bend*. Standar yang biasa digunakan adalah **ASTM D-522** (D522M-13, 2013). Bagian dari mandrel berbentuk silinder dengan diameter kecil yang konstan. Pada pengujian mandrel, proses penekukan material dilakukan dengan cara manual, yaitu material



substrat baja AISI 1045 dengan tebal 0,1 cm ditekuk hingga mencapai sudut sebesar 90° . Kemudian setelah ditekuk, diamati apakah terjadi pengelupasan atau material *coating* tetap menempel pada susbtrat.



Gambar 3. 12 Alat Uji Mandrel

3.7 Rancangan Penelitian

Untuk memudahkan proses penelitian selama percobaan, disusun rancangan penelitian yang dilakukan berupa tabel yang meliputi pengamatan terhadap masing-masing spesimen. Tabel tersebut dirancang sebagai berikut :



Tabel 3. 6 Rancangan Penelitian

Material	Variabel	Salinitas	Weight Loss	XRD	DFT	Mandrel	Pull Off
Plat zinc allum	25% Zn-75% Al		v				
	50% Zn-50% Al		v				
	75% Zn-25% Al		v				
Baja AISI 1045	25Zn-75Al-10			v	v	v	v
	25Zn-75Al-12			v	v	v	v
	25Zn-75Al-14			v	v	v	v
	50Zn-50Al-10			v	v	v	v
	50Zn-50Al-12			v	v	v	v
	50Zn-50Al-14			v	v	v	v
	75Zn-25Al-10			v	v	v	v
	75Zn-25Al-12			v	v	v	v
	75Zn-25Al-14			v	v	v	v
Air Laut	tidak ada variabel	v					



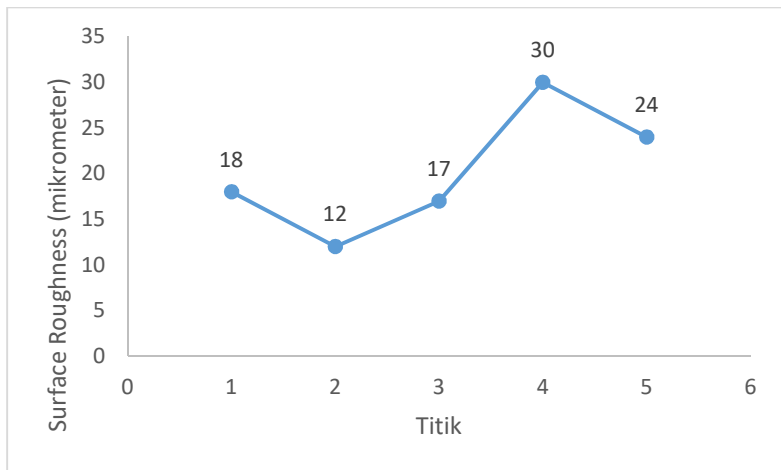
BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Hasil Uji Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Sebelum *Sand Blasting*

Pengujian kekasaran substrat dilakukan untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan sebelum dilakukan proses *sand blasting* untuk kemudian membandingkannya dengan setelah proses *sand blasting*. Hasil pengujian kekasaran permukaan dapat dilihat pada gambar 4.1



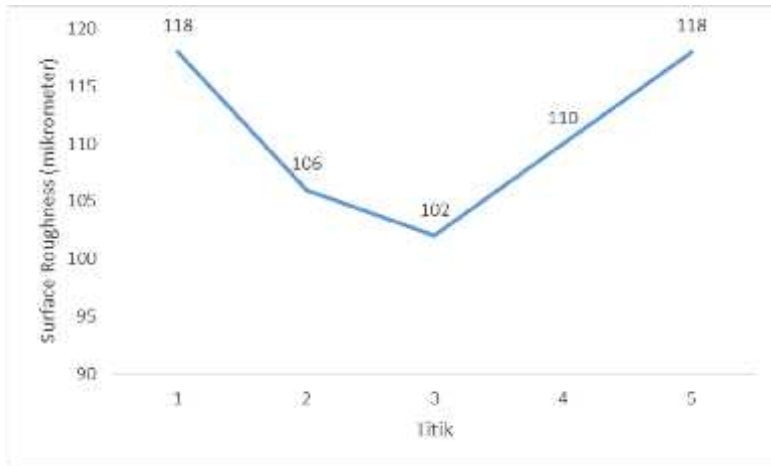
Gambar 4. 1 Grafik Kekasaran Permukaan Sebelum Sand Blasting

Dari grafik di atas didapatkan rata-rata nilai kekasaran 20,2 μm atau setara dengan 795,274 μin jika mengacu pada *Surface Table Roughness* (Ramsdale, 2017) atau dengan nilai Ra sekitar 0,505 μm (Munadi, 1980)



4.1.2 Hasil Uji Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Setelah Sand Blasting

Setelah dilakukan proses *sand blasting*, dilakukan juga pengujian kekasaran permukaan sebagai perbandingan untuk mengetahui mekanisme *interlocking* yang terjadi, dapat dilihat pada gambar 4.2



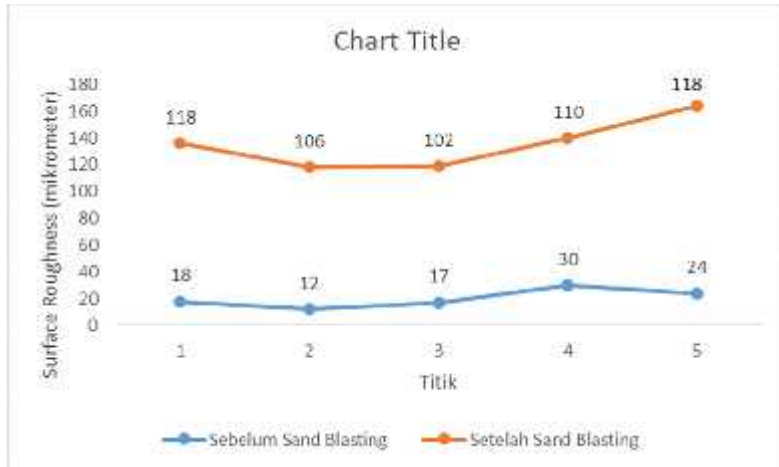
Gambar 4. 2 Hasil Uji Kekasaran Setelah Sand Blasting

Grafik di atas merupakan hasil uji kekasaran permukaan dari substrat baja AISI 1045 setelah dilakukan proses *sand blasting*. Pengukuran kekasaran permukaan ini dilakukan di lima titik pada substrat dengan rata-rata nilai kekasaran permukaan substrat baja AISI 1045 adalah sebesar $110.8 \mu\text{m}$ atau setara dengan $4362,196 \mu\text{in}$ jika mengacu pada *Surface Roughness Table* (Ramsdale, 2017) atau dengan nilai R_a sekitar $2.77 \mu\text{m}$ (Munadi, 1980).



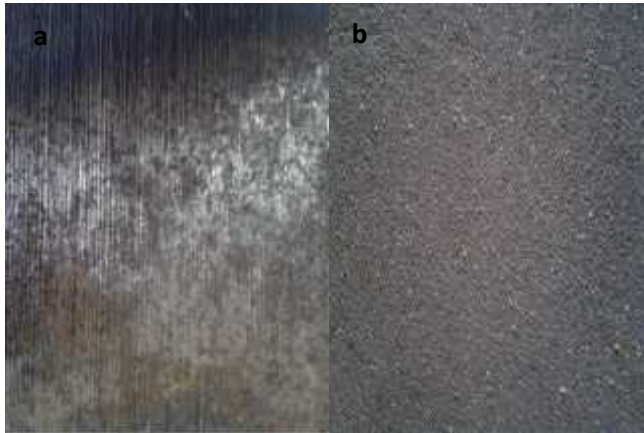
4.1.3 Perbandingan Hasil Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Sebelum dan Setelah *Sand Blasting*

Terjadi perbedaan nilai yang didapatkan saat sebelum dan sesudah dilakukan *sand blasting*. Hal yang pertama dapat dilihat adalah pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Sebelum dan Setelah *Sand Blasting*

Dari gambar 4.3, dapat dilihat terjadi penambahan nilai kekasaran permukaan yang terjadi pada permukaan substrat. Penambahan nilai kekasaran permukaan ini adalah hal yang diinginkan pada proses *coating* dan sesuai dengan tujuan proses *sand blasting* yaitu untuk membuat permukaan substrat menjadi kasar. Untuk memperkuat analisis, hal yang selanjutnya dapat diamati adalah perbedaan morfologi permukaan yang dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4. 4 (a) Sebelum Sand Blasting (b) Setelah Sand Blasting

Terlihat perbedaan morfologi permukaan *blasting* yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Pada gambar 4.4a permukaan substrat baja AISI 1045 terlihat halus dan terdapat bercak-bercak hitam yang menandakan masih terdapat banyak pengotor yang terdapat pada permukaan substrat tersebut, sedangkan pada gambar 4.4b permukaan substrat baja AISI 1045 terlihat lebih kasar yang diakibatkan proses *sand blasting*, yang dibuktikan. Pasir yang digunakan pada proses sand blasting ini adalah pasir *steel grit*. Proses *grit blasting* ini dapat digunakan pada berbagai macam produk dan salah satu hasilnya adalah dapat meningkatkan kekasaran permukaan (Wiley, 2008). Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan dan profil yang terbentuk, maka akan semakin bagus mekanisme *interlocking* yang terjadi antara substrat dan material *coating*, dimana akan mempengaruhi gaya adhesi yang terjadi antara substrat dan material *coating*, dibuktikan dengan nilai dari hasil pengujian hisap (*pull off strength*) pada tabel 4.4



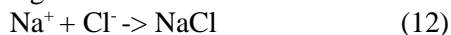
4.1.4 Pengaruh Air Laut terhadap Korosi Baja AISI 1045

Tabel 4. 1 Data Uji Salinitas

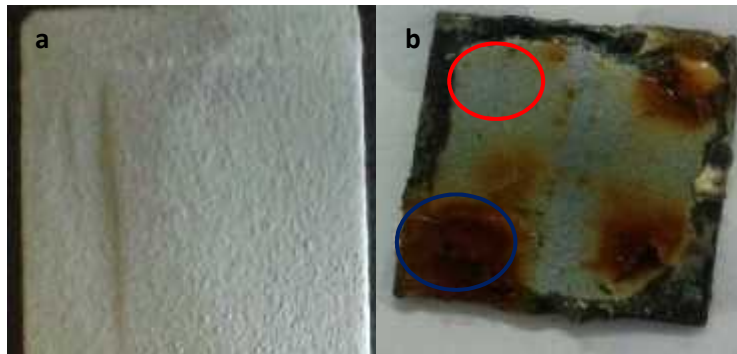
No	Parameter	Hasil Analisis (mg/l)	Metode Analisis
1	Natrium	11480.31	AAS
2	Kalium	2.12	AAS
3	Kalsium	485.71	Kompleksometri
4	Magnesium	1165.71	Kompleksometri
5	Sulfat	2462.6	Spektrofotometri
6	Klorida	17700	Argentometri

Dari hasil pengujian di atas, terdapat dua ion yang utama yang terdapat pada air laut ini, yaitu ion Na^+ , dan ion Cl^- .

Ion Na^+ dan Cl^- kemudian akan bereaksi sehingga menghasilkan reaksi sebagai berikut :



Air laut yang digunakan ini adalah air laut alami yang telah dilakukan pengujian sesuai dengan hasil pada tabel 4.1. Kemudian dapat dilihat pada gambar 4.5 yang menunjukkan permukaan substrat telah dilakukan proses *coating* dan mengalami proses korosi setelah dilakukan perendaman. Permukaan spesimen baja yang telah direndam selama 20 hari menunjukkan permukaan spesimen tersebut mengalami proses korosi yang ditunjukkan oleh perubahan warna yang terjadi.



Gambar 4.5 (a) Sebelum Perendaman, dan (b) Setelah Perendaman

Pengamatan visual di atas dilakukan setelah substrat tersebut direndam selama 20 hari dengan media air laut alami. Tampak terlihat jelas bahwa terdapat bagian yang berwarna putih dan terbentuk pula produk korosi yang berwarna coklat sehingga merusak substrat tersebut (ditandai dengan bulatan merah dan warna biru). Warna putih pada substrat tersebut menunjukkan material *coating* Zn-Al, sedangkan warna coklat merupakan produk korosi yang diakibatkan oleh media air laut tersebut. Dan juga terdapat warna hitam di tepi dari substrat tersebut yang digunakan untuk mengisolasi baja agar tidak mengalami kontak dengan media air laut. Terlihat bahwa baja mengalami proses korosi yang sangat cepat yang ditandai dengan terbentuknya karat yang berwarna coklat pada permukaan baja akibat reaksi kimia antara lapisan *coating* dan media air laut yang merata pada permukaannya.

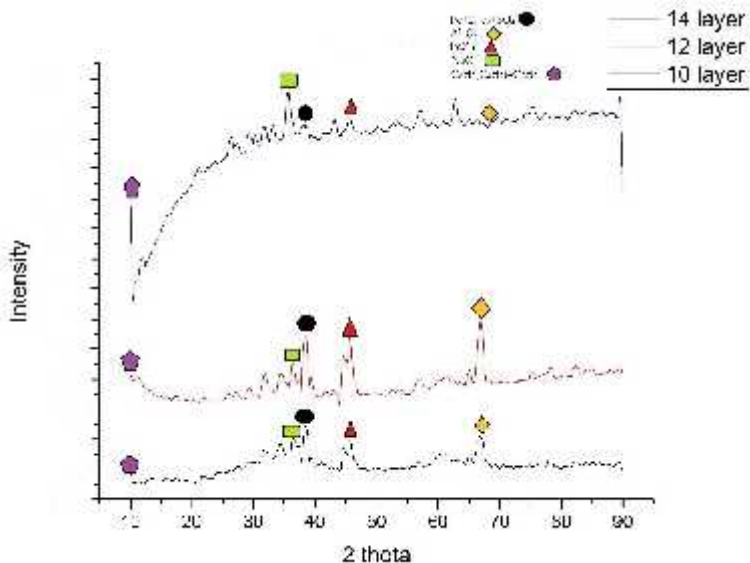
4.1.5 Identifikasi Senyawa dengan X-Ray Diffraction

Untuk identifikasi senyawa yang terdapat pada baja AISI 1045 *tercoating*, setelah perendaman, dilakukanlah pengujian XRD dengan mencari 3 *peak* tertinggi yang terdapat pada grafik.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



4.1.5.1 25%Zn-75%Al

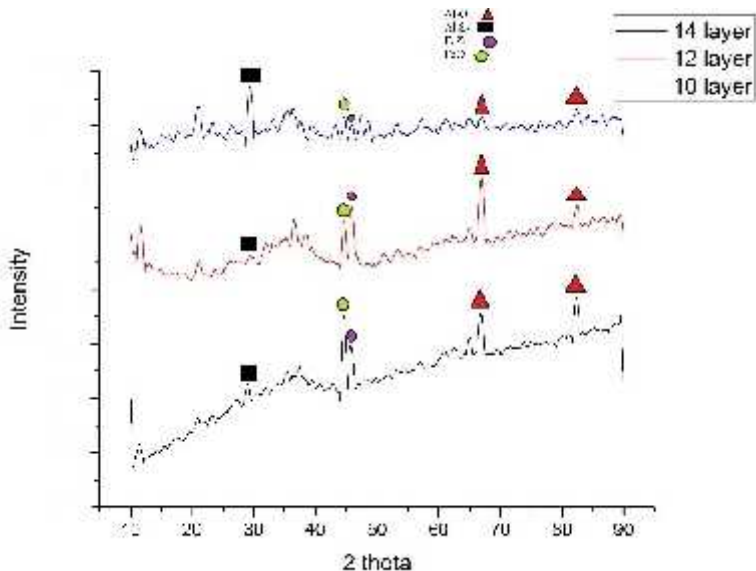


Gambar 4. 6 Hasil Identifikasi Senyawa XRD 25%Zn-75%Al
Baja AISI 1045 Tercoating

Dari hasil pengujian XRD pada komposisi paduan 25%Zn-75%Al, didapatkan beberapa senyawa yang teridentifikasi sesuai pada gambar 4.6. Senyawa-senyawa yang terbentuk tersebut adalah $C_6H_2(C_4H_2)4C_2H_2$ (karpatit) pada *peak* 11.6192, NaCl pada *peak* 35.7959, FeZn pada *peak* 45.6791, Al_2O_3 pada *peak* 67.1251, dan $Fe+2Fe_2+3O_4$ pada *peak* 38.4137. Dari hasil identifikasi senyawa, tidak terbentuk produk korosi berupa senyawa $FeCl_2/FeCl_3$ yang mengindikasikan material *coating* tidak mengalami kebocoran.



4.1.5.2 50%Zn-50%Al

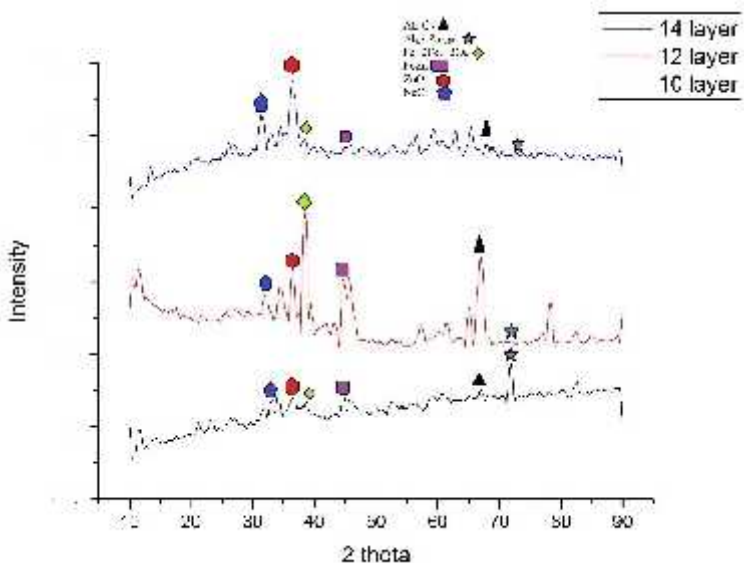


Gambar 4. 7 Hasil Identifikasi Senyawa XRD 50%Zn-50%Al
Baja AISI 1045 Tercoating

Dari hasil pengujian XRD pada komposisi paduan 50%Zn-50%Al, didapatkan beberapa senyawa yang teridentifikasi sesuai pada gambar 4.7. Senyawa-senyawa yang terbentuk tersebut adalah Al_2S_3 pada *peak* 29.3895, Al_2O_3 pada *peak* 67.1251 dan *peak* 82.6784, FeZn pada *peak* 45.6791, dan FeO pada *peak* 44.6413. Dari hasil identifikasi senyawa, tidak terbentuk produk korosi berupa senyawa $\text{FeCl}_2/\text{FeCl}_3$ yang mengindikasikan material *coating* tidak mengalami kebocoran.



4.1.5.3 75%Zn-25%Al



Gambar 4. 8 Hasil Identifikasi Senyawa XRD 75%Zn-25% Al-12
Baja AISI 1045 Tercoating

Dari hasil pengujian XRD pada komposisi paduan 75%Zn-25% Al, didapatkan beberapa senyawa yang teridentifikasi sesuai pada gambar 4.8. Senyawa-senyawa yang terbentuk tersebut adalah NaCl pada *peak* 31.7173, ZnO pada *peak* 36.2039, Fe+2Fe₂+3O₄ pada *peak* 38.4137, FeZn pada *peak* 45.6791, Al₂O₃ pada *peak* 67.1251 dan Al_{0.71}Zn_{0.29} pada *peak* 71.7751. Dari hasil identifikasi senyawa, tidak terbentuk produk korosi berupa senyawa FeCl₂/FeCl₃ yang mengindikasikan material *coating* tidak mengalami kebocoran.

4.1.6 Pengujian *Weight Loss* pada Plat Zinc Allum Tercoating

Pengujian *weight loss* ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar laju korosi yang terjadi pada material *coating* zn-al dengan mengacu pada komposisi paduannya. Pengujian dilakukan

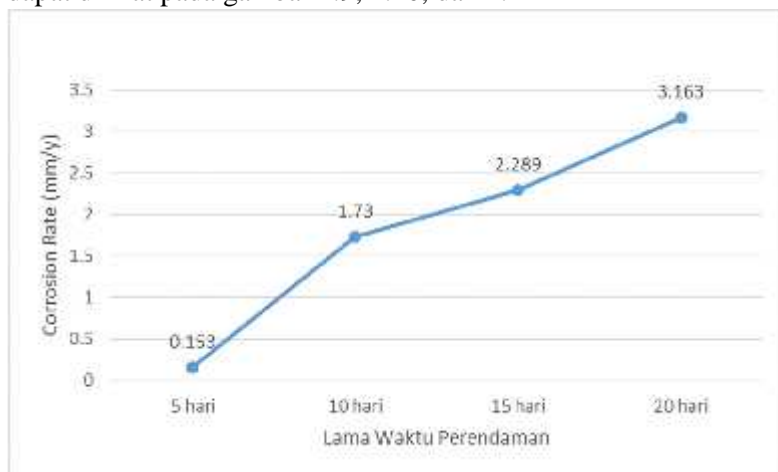


selama 20 hari, dengan 4 kali siklus pengambilan (5 hari sekali). Adapun hasil yang didapat dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Weight Loss pada Plat Zinc Allum Tercoating

Komposisi Paduan	<i>Corrosion rate (mm/y)</i>			
	5 hari	10 hari	15 hari	20 hari
25% Zn-75% Al	0.153	1.73	2.289	3.163
50% Zn-50% Al	0.027	0.549	1.658	1.369
75% Zn-25% Al	0.342	1.802	2.289	2.929

Berdasarkan data pada tabel 4.2 hasil pengujian *weight loss*, didapatkan nilai *corrosion rate* material *coating* zn-al dengan komposisi paduan 75%Zn-25% Al, 25%Zn-75% Al, dan 50%Zn-25% Al. Untuk mengetahui kecenderungan nilai *corrosion rate*, dapat dilihat pada gambar 4.9, 4.10, dan 4.11



Gambar 4. 9 Grafik Laju Korosi dengan Komposisi Paduan 25% Zn-75% Al



Gambar 4. 10 Grafik Laju Korosi dengan Komposisi Paduan 50% Zn-50% Al



Gambar 4. 11 Grafik Laju Korosi dengan Komposisi Paduan 75% Zn-25% Al



Jika dilihat pada tabel 4.2, nilai laju korosi terkecil terdapat pada lapisan coating dengan komposisi paduan 50%Zn-50Al, pada siklus pertama selama 5 hari yaitu dengan nilai 0.027 mm/y. Sedangkan untuk laju korosi terbesar terdapat pada lapisan coating dengan komposisi paduan 25%Zn-75%Al, pada siklus keempat selama 20 hari yaitu dengan nilai 3.163 mm/y. *Jika dilihat pada gambar 4.9 dan 4.10*, grafik laju korosi yang terbentuk mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu perendaman. *Sedangkan untuk gambar 4.11*, grafik laju korosi cenderung naik namun mengalami penurunan pada siklus keempat. Hal ini dapat terjadi karena kelembapan yang masih tinggi pada saat proses penimbangan setelah dilakukan pengujian weight loss.

4.1.7 Hasil Pengujian Ketebalan Coating dengan Metode DFT

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Ketebalan Coating dengan Dry Film Thickness (DFT) pada Baja AISI 1045

<i>Dry Film Thickness (μm)</i>				
Komposisi Paduan	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-Rata
25Zn-75Al-10	127	89.7	180	132.2
25Zn-75Al-12	66.1	32.5	77.9	58.8
25Zn-75Al-14	79.4	30.6	62.4	57.5
50Zn-50Al-10	98.2	68.7	123	96.6
50Zn-50Al-12	196	229	199	208
50Zn-50Al-14	230	141	202	191
75Zn-25Al-10	122	54.8	84.8	87.2
75Zn-25Al-12	91.9	83.3	153	109.4
75Zn-25Al-14	178	72.2	95.8	115.3

Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian ketebalan *coating* dengan dua metode pengukuran yaitu dengan metode *Dry Film Thickness* (DFT). Dalam hal ini rata- rata ketebalan *coating* tertinggi didapatkan pada komposisi 50Zn-50Al-12 dengan nilai 208 μm dan untuk rata-rata ketebalan *coating* terendahnya terdapat pada komposisi 25Zn-75Al-14 dengan nilai 57.5 μm . Jika

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



dilihat pada tabel 4.3, diperoleh nilai dari ketebalan tiap titik berbeda. Hal ini dapat disebabkan karena material *coating* yang terdapat pada substrat tidak tersebar secara merata sehingga terjadi perbedaan ketebalan lapisan *coating*.

4.1.8 Morfologi Material *Coating* Zn-Al

Untuk menganalisis morfologi permukaan coating Zn-Al pada substrat, dilakukan dua pengamatan yaitu pengamatan visual dan menggunakan mikroskop optik. Gambar 4.13 menunjukkan gambar *coating* dengan melakukan pengamatan secara visual.



Gambar 4. 12 Pengamatan Visual Coating Zn-Al

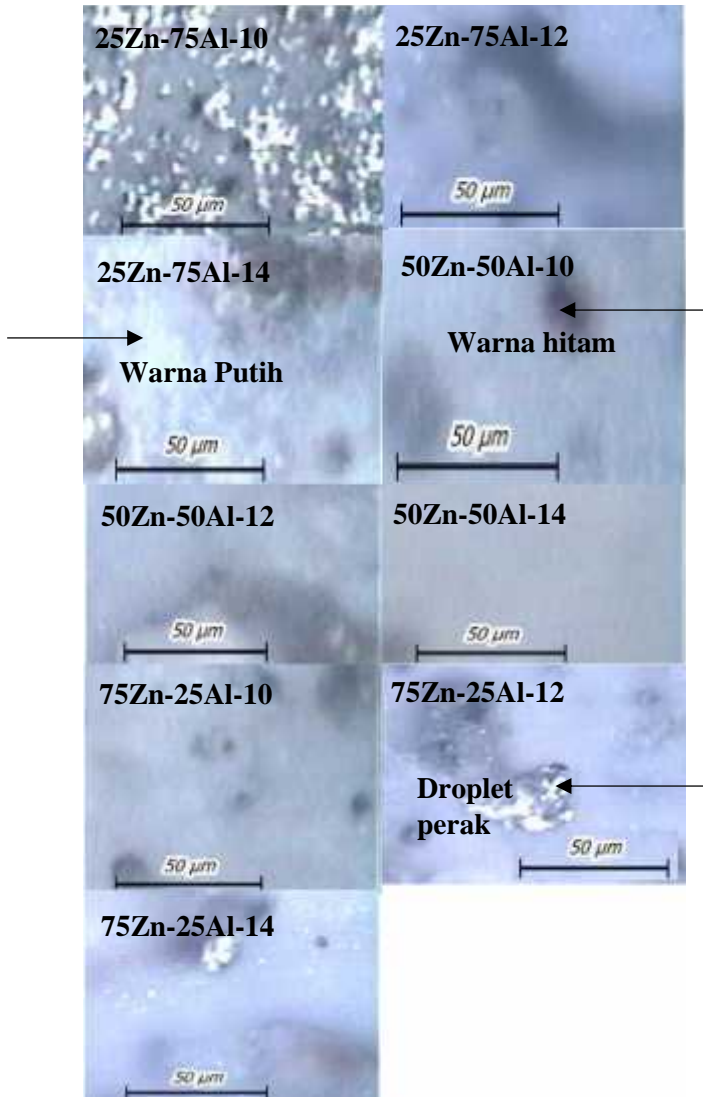
Berdasarkan pengamatan visual, dapat dilihat bahwa permukaan substrat yang telah dilakukan proses *coating* zn-al sebagian besar berwarna putih. Warna putih yang terdapat pada permukaan substrat memang merupakan ciri khas dari lapisan *coating* yang terbentuk dari material paduan zn-al, dan merupakan bagian yang mengalami proses oksidasi. Semakin lama waktu terbentuk *white rust* (bercak putih) tersebut, makin baik ketahanan karat dari lapisan tersebut. (Abadi, 2015). Untuk lapisan-lapisan yang terbentuk saat proses *coating* dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Hasil Pengamatan Lapisan *Coating* Zn-Al yang Terbentuk pada Baja AISI 1045 *Tercoating* Perbesaran 20 kali

Berdasarkan gambar 4.13, terdapat 3 karakter lapisan utama yang terbentuk. Lapisan 1 adalah lapisan paling luar dimana material *coating* zn-al memberikan perlindungan terhadap substrat baja AISI 1045 karena mengalami proses *melting* secara sempurna. Kemudian lapisan dua adalah lapisan dimana terjadinya proses difusi dari material *coating* zn-al tersebut. Warna dari lapisan 2 ini sendiri terlihat lebih gelap dibanding dengan lapisan 1. Sedangkan untuk warna hitam adalah permukaan substrat yang telah dilakukan proses *coating* material serbuk zn-al.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.14 Foto Makro Material Coating Zn-Al Perbesaran 20 kali

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



Bercak putih ini yang diamati melalui pengamatan visual ini pun kemudian diamati pula dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 20 kali yang ditampilkan pada gambar 4.13. Dari hasil di atas didapatkan morfologi dari material coating Zn-Al dari sembilan substrat yang telah diuji. Dapat dilihat pada gambar tersebut terdapat perbedaan morfologi yang berupa perbedaan dominansi warna serta butiran butiran kecil berwarna perak yang terbentuk akibat proses melting yang tidak sempurna. Hampir pada semua gambar mikrostruktur substrat yang telah tercoating zn-al, terdapat tiga warna utama yaitu putih, hitam, dan droplet yang berwarna perak seperti yang terlihat pada gambar 4.13. Warna hitam yang berbentuk cekungan tersebut menunjukkan bagian substrat yang tidak terlapsi sempurna oleh material coating, sedangkan untuk warna putih adalah lapisan coating zn-al yang mengalami proses melting secara sempurna dan akan bereaksi dengan lingkungan sekitar untuk menghasilkan reaksi oksidasi.

4.1.9 Hasil Pengujian *Pull Off* Baja AISI 1045 Tercoating

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian *Pull Off Strength*

HASIL PULL OFF STRENGTH			
Spesimen	Titik 1 (MPa)	Titik 2 (MPa)	Rata-Rata (MPa)
25Zn-75Al-10	10.85	9.83	10,34
25Zn-75Al-12	8.25	1.67	4,96
25Zn-75Al-14	11.14	9.43	10,28
50Zn-50Al-10	15.18	5.17	10,17
50Zn-50Al-12	13.48	14.52	14,00
50Zn-50Al-14	0.92	0.59	0,75
75Zn-25Al-10	11.79	8.89	10,34
75Zn-25Al-12	15.05	0.47	7,76
75Zn-25Al-14	5.53	0.51	3,02



Setelah dilakukan proses *coating* pada baja AISI 1045, dilakukan pula pengujian *pull off test*. Dari hasil pengujian *pull off test* diatas didapatkan nilai gaya adhesi yang terjadi pada material *coating* dan substrat. Terjadi perbedaan nilai yang didapatkan pada





hasil *pull off test* pada setiap sampel., Didapatkan hasil *pull off test* spesimen dengan komposisi paduan 25%Zn-75%Al berturut turut adalah 10.34, 4.96, dan 10.28 MPa, dengan komposisi paduan 50%Zn-50%Al berturut-turut adalah 10.17, 14, dan 0.75 MPa, dan dengan komposisi paduan 75%Zn-25%Al berturut-turut adalah 10.34, 7.76 dan 3.02 MPa. Dari data yang didapat di atas, terlihat bahwa hasil *pull off test* pada komposisi 75%Zn/25%Al cenderung mengalami penurunan, pada komposisi 25%Zn/75%Al nilai *pull off* tertinggi terdapat pada spesimen dengan 10 layer dan terjadi penurunan yang drastis pada spesimen dengan 12 layer. Hal ini diakibatkan akibat gaya adhesi yang terbentuk tiap layer pada spesimen dengan komposisi paduan 25%Zn-75%Al tidak sempurna dan cenderung mengalami *glue failure*. Hal yg sama juga terjadi pada spesimen dengan komposisi 50%Zn/50%Al (14 layer) yang hanya memiliki nilai *pull off* sebesar 0.755 MPa. Dari keseluruhan spesimen, yang memiliki nilai *pull off* paling tinggi adalah spesimen 50Zn-50Al-12 dengan nilai *pull off* sebesar 14 MPa dan yang memiliki nilai *pull off* terendah adalah spesimen 50Zn-50Al-14 dengan 0.755 MPa. Permukaan spesimen yang telah dilakukan pengujian *pull off* dapat dilihat pada tabel 4.5



Tabel 4. 5 Hasil Pengujian *Pull Off Strength* (Pengamatan Visual)

Komposisi	Gambar Spesimen	Keterangan
25%Zn-75% Al- 10		Terjadi gaya adhesi murni pada kedua titik pengujian dibuktikan dengan terlihatnya permukaan substrat sehingga adhesi dapat dikategorikan baik
25%Zn-75% Al- 12		Terjadi gaya adhesi murni pada kedua titik pengujian dibuktikan dengan terlihatnya permukaan substrat sehingga adhesi dapat dikategorikan baik



25%Zn-75%Al- 14		Terjadi gaya adhesi murni pada kedua titik pengujian dibuktikan dengan terlihatnya permukaan substrat sehingga adhesi dapat dikategorikan baik
50%Zn-50%Al- 10		Terjadi gaya adhesi murni pada kedua titik pengujian dibuktikan dengan terlihatnya permukaan substrat sehingga adhesi dapat dikategorikan baik




50%Zn-50%Al- 12		Terjadi gaya adhesi murni pada kedua titik pengujian dibuktikan dengan terlihatnya permukaan substrat sehingga adhesi dapat dikategorikan baik
50%Zn-50%Al- 14		Tidak terjadi kegagalan adhesi pada material <i>coating</i> dan substrat dibuktikan dengan masih terdapat material <i>coating</i> yang tidak tertarik secara sempurna sehingga meninggalkan sisa. Kegagalan yang terjadi disini adalah kegagalan kohesi/ <i>glue failure</i>



75%Zn-25%Al-10		Terjadi gaya adhesi murni pada kedua titik pengujian dibuktikan dengan terlihatnya permukaan substrat sehingga adhesi dapat dikategorikan baik
75%Zn-25%Al-12		Di satu titik (pojok kiri atas) terjadi gaya adhesi yang baik, sedangkan di titik satunya (pojok kanan bawah) tidak terjadi kegagalan adhesi melainkan kohesi/ <i>glue failure</i> .



75%Zn-25%Al-14		Di satu titik (pojok kanan bawah) terjadi gaya adhesi yang baik, sedangkan di titik satunya (pojok kiri atas) tidak terjadi kegagalan adhesi melainkan kohesi/glue failure.
----------------	---	---

Terlihat bahwa setelah dilakukan pengujian *pull off*, permukaan substrat memiliki dua hal yang dapat diamati. Hal yang pertama adalah permukaan substrat yang kembali terlihat setelah dilakukan pengujian *pull off*, kemudian hal yang kedua adalah warna putih yang merupakan material *coating* zn-al itu sendiri.. Dari tabel 4.5 di atas, melalui pengamatan visual setelah dilakukam pengujian *pull off*, hampir seluruh material *coating* Zn-Al menunjukkan gaya adhesi yang baik dengan substrat baja AISI 1045. Baja yang tidak memiliki gaya adhesi yang baik antara material *coating* dan baja terdapat pada spesimen dengan komposisi 50Zn-50Al-14 karena setelah dilakukan uji *pull off*, material *coating* tidak terangkat secara sempurna sehingga menyebabkan kegagalan kohesi/*glue failure*. Sedangkan pada baja dengan komposisi 75Zn-25Al-12 dan 75Zn-25Al-14, gaya adhesi yang baik terdapat pada titik yang satu, sedangkan di titik satunya terjadi kegagalan kohesi. Permukaan substrat yang kembali terlihat setelah pengujian adalah akibat terjadinya gaya adhesi murni yang

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



terbentuk antara material *coating* dan permukaan substrat saat dilakukan pengujian *pull off*.

4.1.10 Pengamatan Visual Pengujian Mandrel Test



Untuk mengetahui karakteristik ikatan yang terjadi antara material *coating* dan substrat selain pengujian *pull off*, dilakukan juga pengujian *mandrel* dan dilakukan pengamatan secara visual yang dapat dilihat pada tabel 4.5. Terlihat perbedaan yang terjadi saat setelah dilakukan pengujian *mandrel*. Hal yang dapat diamati adalah bagaimana material *coating* dapat tetap menempel atau terlepas pada permukaan substrat. Pada spesimen dengan komposisi 75Zn-25Al-10, 25Zn-75Al-12, 25Zn-75Al-14, dan 50Zn-50Al-12, setelah dilakukan pengujian *mandrel* didapatkan hasil bahwa material *coating* tetap menempel secara sempurna pada permukaan substrat. Hal ini menandakan bahwa mekanisme *interlocking* yang terjadi antara material *coating* dan substrat dapat dikategorikan baik karena tidak ada material *coating* yang terlepas setelah dilakukan pengujian. Sedangkan pada gambar 25Zn-75Al-10, 75Zn-25Al-12, 50Zn-50Al-10, 50Zn-50Al-14, terlihat bahwa setelah dilakukan pengujian *mandrel*, material *coating* terlepas dari permukaan substrat, yang menandakan tidak terjadi mekanisme *interlocking* yang baik. Fenomena seperti ini dapat terjadi karena pada saat permukaan substrat dilakukan proses *sand blasting*, profil yang terbentuk tidak sempurna sehingga gaya adhesi yang terjadi antara material *coating* dan permukaan substrat tidak terjadi secara sempurna. Untuk komposisi 75Zn-25Al-14, terlihat bahwa pada sisi tepi, material *coating* tidak menempel secara sempurna sedangkan di sisi yang lain material *coating* menempel secara sempurna. Hal ini menandakan bahwa pada saat proses *sand blasting*, terjadi ketidak-rataan profil permukaan yang terbentuk sehingga menyebabkan material *coating* mengalami perbedaan mekanisme *interlocking* pada permukaan substrat. Untuk keterangan gambar dapat dilihat pada tabel 4.6





Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Mandrel Baja AISI 1045

Spesimen	Arah Tekuk Gambar 	Keterangan
25Zn-75Al-10		Terjadi pengelupasan yang tersebar menunjukkan daya rekat yang tidak <i>uniform</i> di titik tertentu
25Zn-75Al-12		Lapisan <i>coating</i> masih menempel sempurna menunjukkan daya rekat yang baik dengan substrat



25Zn-75Al- 14		Lapisan <i>coating</i> masih menempel sempurna menunjukkan daya rekat yang baik dengan substrat
50Zn-50Al- 10		Terjadi pengelupasan di bagian tepat lekuk hingga permukaan substrat terlihat, daya rekat kurang baik



50Zn-50Al-12		Lapisan <i>coating</i> masih menempel sempurna menunjukkan daya rekat yang baik dengan substrat
50Zn-50Al-14		Lapisan <i>coating</i> tidak menempel sempurna pada permukaan substrat menunjukkan gaya adhesi kurang baik



75Zn-25Al-10		Lapisan <i>coating</i> masih menempel sempurna menunjukkan daya rekat yang baik dengan substrat
75Zn-25Al-12		Lapisan <i>coating</i> mengelupas di bagian tepat lekuk menunjukkan bahwa lapisan <i>coating</i> tidak menempel secara sempurna
75Zn-25Al-14		Terjadi sedikit pengelupasan di bagian tepat lekuk, namun secara keseluruhan daya rekat dapat dikatakan baik



Tabel 4. 7 Rekap Data Hasil Pengujian *Weight Loss*, DFT, Mandrel, dan *Pull Off* pada Plat Zinc Allum dan Baja AISI 1045

Material	Variabel	Weight Loss	DFT *	Mandrel	Pull Off *
Plat zinc allum	25% Zn-75% Al	2			
	50% Zn-50% Al	1			
	75% Zn-25% Al	3			
Baja AISI 1045	25Zn-75Al-10		7		3
	25Zn-75Al-12		2	baik	7
	25Zn-75Al-14		1	baik	4
	50Zn-50Al-10		4		5
	50Zn-50Al-12		9	baik	1
	50Zn-50Al-14		8		9
	75Zn-25Al-10		3	baik	2
	75Zn-25Al-12		5		6
	75Zn-25Al-14		6		8

Keterangan :

* = nilai diurut dari yang paling tipis (1) hingga ke yang paling tebal (9)

* = nilai diurut dari yang paling besar (1) hingga ke yang paling kecil (9)

Tabel 4.8 Pembobotan Nilai Pada Pengujian *Weight Loss*, DFT, Mandrel, dan *Pull Off* pada Plat Zinc Allum dan Baja AISI 1045

Material	Variabel	Bobot				
		Weight Loss	DFT *	Mandrel	Pull Off *	Scoring
Plat zinc allum	25% Zn-75% Al	2				
	50% Zn-50% Al	3				
	75% Zn-25% Al	1				
Baja AISI 1045	25Zn-75Al-10		3	0	7	0
	25Zn-75Al-12		8	1	3	48
	25Zn-75Al-14		9	1	6	108
	50Zn-50Al-10		6	0	5	0
	50Zn-50Al-12		1	1	9	27
	50Zn-50Al-14		2	0	1	0
	75Zn-25Al-10		7	1	8	56
	75Zn-25Al-12		5	0	4	0
	75Zn-25Al-14		4	0	2	0

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



Keterangan :

- * = pemberian nilai dari skala 1-9. Untuk nilai 1 menunjukkan nilai DFT yang paling tinggi dan nilai 9 untuk nilai DFT yang paling tipis
- * = pemberian nilai dari skala 1-9. Untuk nilai 1 menunjukkan nilai *pull off* paling kecil dan nilai 9 untuk nilai *pull off* yang paling tinggi
- Untuk *weight loss*, skala yang digunakan 1-3. Nilai 1 untuk nilai laju korosi yang paling tinggi, dan nilai 3 untuk nilai laju korosi yang paling rendah
- Untuk mandrel, skala yang digunakan 0 dan 1, dimana dengan nilai 0 menunjukkan terjadinya pengelupasan dan nilai 1 tidak terjadi pengelupasan
- Penilaian *scoring* = nilai *weight loss* x DFT x mandrel x *pull off*
- Semua pembobotan mengacu pada tabel 4.7

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tebal *coating* dan komposisi paduan terhadap daya rekat material *coating* Zn-Al dan perlindungan korosi baja pada lingkungan air laut. Hal yang pertama dapat dilihat pada pengujian ini adalah dari nilai kekasaran sebelum dan setelah proses *sand blasting* yang mengacu pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3. Nilai kekasaran permukaan sebelum *sand blasting* adalah 20.8 μm , sedangkan setelah *sand blasting* memiliki nilai sebesar 110.8 μm . Dari hasil tersebut, nilai kekasaran permukaan mengalami peningkatan setelah proses *sand blasting* yaitu sebesar 90.6 μm . Penggunaan *steel grit* membuat nilai kekasaran menjadi tinggi, menunjukkan energi yang dimiliki material abrasif juga semakin tinggi, sehingga ketika partikel ditembakkan terjadi tumbukkan dengan permukaan substrat dan terjadi deformasi yang semakin besar. Selain itu, dengan nilai kekasaran yang semakin tinggi ini pula maka akan memperbesar kontak antara material *coating* dan permukaan substrat sehingga mendapatkan hasil *coating* yang optimal. (Trijatmiko, 2016). Gambar 4.4 pun menunjukkan permukaan substrat baja AISI 1045 yang telah dilakukan proses *sand blasting*



terlihat lebih kasar jika dibandingkan dengan sebelum proses *sand blasting*.

Selanjutnya, jika melihat pada hasil yang terdapat pada tabel 4.3 dan 4.4, didapatkan nilai tebal *coating* dan *pull off* tertinggi terdapat pada baja AISI 1045 dengan komposisi 50Zn-50Al-12.. Dan, jika diamati secara visual berdasarkan tabel 4.5, hampir semua *material coating*, termasuk yang dengan komposisi 50Zn-50Al-12, memiliki *bonding* yang kuat dengan baja AISI 1045, dibuktikan dengan permukaan substrat yang kembali terlihat setelah pengujian *pull off*. Salah satu ciri dari telah terjadinya gaya adhesi murni pada saat pengujian *pull off* adalah kembalinya terlihat permukaan substrat baja AISI 1045 yang telah *dicoating* pada saat pengujian *pull off*. Hal ini menunjukkan bahwa pada tebal *coating* dan komposisi paduan tersebut (50Zn-50Al-12), material *coating* memiliki mekanisme *interlocking* yang baik. Selain itu, nilai kekasaran yang tinggi dari suatu permukaan juga akan meningkatkan nilai daya lekat material *coating* dengan permukaan substrat (Trijatmiko, 2016). Hal ini dapat dilihat juga jika mengacu pada hasil pengujian tekuk *mandrel test*. Saat dilakukan pengamatan secara visual, material *coating* pada spesimen dengan komposisi 50Zn-50Al-12 masih menempel sempurna pada substrat baja AISI 1045, mengindikasikan kualitas material *coating* yang baik. Untuk hasil pengujian *mandrel* dapat dilihat pada tabel 4.6. Sebaliknya, baja AISI 1045 dengan komposisi paduan 50Zn-50Al-14 dengan nilai *pull off* yang hanya sebesar 0.75 MPa mengindikasikan bahwa yang terjadi bukanlah gaya adhesi murni, melainkan terjadi kegagalan kohesi/*glue failure*. Hal ini mengindikasikan bahwa kegagalan kohesi pada *pull off* ini dikarenakan ikatan adhesi antara material *coating* Zn-Al dan permukaan kasar lebih kuat daripada ikatan kohesi antar cat itu sendiri dan juga dapat disebabkan oleh *glue failure* yang terjadi sehingga material *coating* tidak terangkat sama sekali pada saat pengujian dan yang terangkat hanyalah lemnya saja (Pratama, 2016). Kemudian untuk efektivitas perlindungan korosi material *coating* Zn-Al, dapat dilihat pada hasil pengujian *weight loss* yang

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



terdapat pada tabel 4.2. Didapatkan nilai laju korosi yang paling baik setelah dilakukan perendaman 20 hari terdapat pada spesimen dengan komposisi paduan 50Zn-50Al. Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan tipis oksida yang terbentuk mengalami akumulasi dari hari ke hari untuk menurunkan kemungkinan terjadinya serangan korosi dengan cara tidak membiarkan terjadinya kontak antara permukaan baja AISI 1045 dengan media korosif, yang berarti disini adalah air laut (Uzorh, 2013). Hal ini dapat dilihat pula setelah pengujian XRD (X-ray diffraction) yang dilakukan pada spesimen baja AISI 1045 setelah dilakukan perendaman selama 20 hari pada media air laut. Lapisan oksida yang terbentuk akan terbentuk berkisar antara Zn, Al, dan O (Zhang, 2014). Dari gambar 4.6, 4.7, dan 4.8, menunjukkan bahwa lapisan Al_2O_3 adalah lapisan yang paling dominan terbentuk karena memang Al_2O_3 ini terbentuk sejak saat sebelum pengeksposan dengan media air laut. Juga temperatur yang tinggi pada saat proses *thermal spray* berpengaruh pada pembentukan Al_2O_3 dan ketika direndam pada media air laut, akan berinteraksi dengan ion-ion yang terdapat pada air laut tersebut (Zhang, 2014). Hal inilah yang menyebabkan *peak* dominan yang muncul pada saat pengujian XRD adalah senyawa Al_2O_3 .

Dari pengujian XRD tidak teridentifikasi adanya kontak antara Fe (substrat) dengan air laut membentuk senyawa $\text{FeCl}_2/\text{FeCl}_3$. Hal ini menandakan tidak adanya kebocoran yang terjadi pada material *coating* Zn-Al saat direndam di media air laut. Dan oleh karena itu, keseluruhan material *coating* menunjukkan perlindungan yang cukup optimal pada saat dilakukan proses *coating* dengan menggunakan serbuk Zn-Al. Namun, jika data ini dihubungkan dengan data-data pengujian yang lain, maka yang memiliki kualitas *coating* paling baik dari pengujian mekanik dan pengujian senyawa kimia yang terbentuk adalah spesimen dengan komposisi paduan 50%Zn-50%Al dan tebal *coating* 208 μm (jumlah layer sebanyak 12 buah) yang dapat dilihat pada tabel 4.7 untuk rekap data hasil pengujiannya.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian *pull off* dan mandrel, sifat mekanik yang paling baik, terdapat pada material dengan komposisi paduan 50%Zn-50%Al dengan ketebalan *coating* 208 μm (12 layer)
2. Material *coating* yang memiliki ketahanan korosi yang paling baik adalah material dengan komposisi paduan 50%Zn-50%Al, dibuktikan dari nilai laju korosi yang kecil.

5.2 Saran

Adapun saran yang diperlukan mengenai penelitian ini antara lain :

1. Proses pembersihan spesimen setelah pengujian *weight loss* benar-benar diperhatikan.
2. Menemukan metode pengeringan serbuk zn-al yang efektif dan efisien sehingga tidak memakan waktu yang lama untuk proses pengeringan.
3. Menambah waktu pengeksposan dengan media air laut agar data yang didapat dapat lebih optimal.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, M. (2015, August 30). Zinc Plating. Retrieved from <http://www.metalindoabadi.com:http://www.metalindoabadi.com/zinc-plating/>
- Avner, Sidney H. 1974. **Introduction to Physical Metallurgy**. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha.
- Capayanti, D. (2015). **Karakteristik Logam Zn (Seng)**. Denpasar: Universitas Udayana.
- Daerobi. (2012). **Pengaruh Korosi Atmosfer Lingkungan Air Laut Terhadap Desain Ketebalan Pipa Penyalur dengan Metode Pipeline Risk Management**. Jakarta: Universitas Indonesia.
- D4541-09e1, A. (2009). **Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers**. West Consoshocken: ASTM International.
- D522M-13, A. D. (2013). **Standard Test Methods for Mandrel Bend Test of Attached Organic Coatings**. West Consoshocken: ASTM International.
- G31-72, A. (2004). **Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals**, ASTM International. West Consoshocken: ASTM International.

- Manufacturers, A. C. (2017, February Sunday). The Portland Cement Association. Retrieved from America's Cement Manufacturers: <http://www.cement.org/for-concrete-books-learning/concrete-technology/durability/corrosion-of-embedded-materials>
- Metco, S. (2013). **An Introduction To Thermal Sprayed**. Kelsterbach Jerman: Sulzer Metco.
- Munadi, S. (1980). Pengukuran Kekasaran Permukaan. In Anonim, **Dasar Dasar Metrologi Industri (p. 230)**. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Pratama, R. A. (2016). **Studi Eksperimen Pengaruh Tebal Cat dan Kekasaran pada Pelat Baja Karbon Rendah Terhadap Kerekatan Cat dan Biaya Proses di PT. Swadaya Graha**. *Jurnal Teknik ITS Vol 5 No. 2*, 314.
- Rahmawati, Z. S. (2010). **Analisis Pengaruh Sr dan Ti Terhadap Ketahanan Korosi Paduan AC4B**. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Ramsdale, R. (2017, June 01). Engineers Handbook. Retrieved from <http://www.engineershandbook.com: http://www.engineershandbook.com/Tables/surface-roughness.htm>
- Ridlwani. 2007. **Karakteristik Struktur Kristal dan Morfologi Lapisan TiCl₄ pada Logam Dengan Metode Sol-Gel Dip Coating**. Medan : Universitas Negeri Medan.
- Steel Construction. (2017, July 4). Retrieved from http://www.steelconstruction.info: http://www.steelconstruction.info/Metallic_coatings

- Sari, D. M. (2013). **Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 Dalam Medium Asam**. Jurnal Fisika Unand Vol. 2, No. 3, , 209.
- Sulistijono. (1999). **Diktat Kuliah Korosi**. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri ITS.
- Sumarji. (2012). **Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 Pada Lingkungan Atmosferik Di Kabupaten Jember**. 45.
- Trijatmiko, C. d. (2016). **Analisa Pengaruh Material Abrasif Pada Blasting Terhadap Kekuatan Lekat Cat dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Air Laut**. Jurnal Teknik ITS Vol, 5. No 2, 232.
- Uzorh, E. D. (2013). **Corrosion Properties of Plain Carbon Steels**. The International Journal Of Engineering and Science (IJES), 213.
- Wiley, J. (2008). **The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings (Second Edition)**. France: Ecole Nationale-Superieure de Chinie de Lille.
- Wiraraja, A. H. (2011). **Studi Laju Korosi Baja SS-316L Terhadap Variasi Konsentrasi Inhibitorquinoline (C₉H₇N) Dan Temperatur Dalam Larutan NaCl**. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Yusuf, S. (2008). **Laju Korosi Pipa Baja Karbon A106 Sebagai Fungsi Temperatur dan Konsentrasi NaCl pada Fluida yang Tersaturasi Gas CO₂**. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Zhang, L. d. (2012). **Anti-Corrosion Performance of Waterborne Zn-Rich Coating with Modified Silicon-Based Vehicle and Lamellar Zn (Al) Pigments**. Progress in Natural Science : Materials International, 330-331.
- Zhang, X. (2014). **Atmospheric Corrosion of Zinc-Aluminium and Copper-Based Alloys in Chloride-rich Environments**. KTH Chemical Science and Engineering, 32-58.

LAMPIRAN

1. Sertifikasi Baja AISI 1045

[illegible]

2. Hasil Uji Salinitas

DATA ANALISA AIR LAUT

Dikirim Oleh : Sdr. Igfar Cira
Dikirim Tanggal : 21 April 2017
Sampel Dari : Air Laut S-19B

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	Natrium	mg/L Na	11.480,3	AAS
2	Kalium	mg/L K	2,17	AAS
3	Kalsium	mg/L Ca	485,71	Kompleksometri
4	Magnesium	mg/L Mg	1.165,71	Kompleksometri
5	Sulfat	mg/L SO ₄	2.462,60	Spektrofotometri
6	Klorida	mg/L Cl ⁻	17.700,00	Argentometri

Surenay, 04 Mei 2017
Nepela Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Prof. Dr. Ir. Niska Karnaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk dipaparkan dan yang diterima laboratorium kami

3. Hasil Coating

a. 25Zn-75Al-10



b. 25Zn-75Al-12



c. 25Zn-75Al-14



d. 50Zn-50Al-10



e. 50Zn-50Al-12



f. 50Zn-50Al-14



g. 75Zn-25Al-10



h. 75Zn-25Al-12



i. 75Zn-25Al-14



4. Nilai Kekasaran

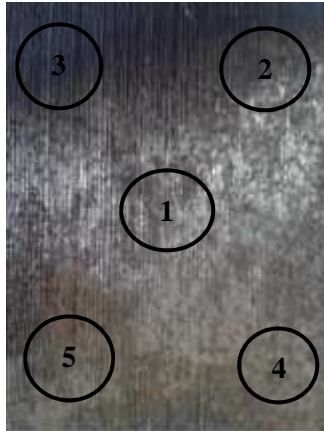
a. Sebelum *Sand Blasting*

Titik	Surface Roughness (μm)
1	18
2	12
3	17
4	30
5	24

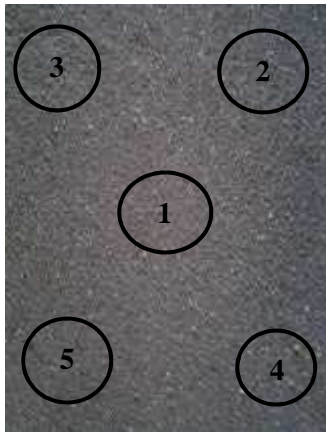
b. Setelah *Sand Blasting*

Titik	Surface Roughness (μm)
1	118
2	106
3	102
4	110
5	118

5. Titik Pengujian *Surface Roughness* (Sebelum Diblasting)

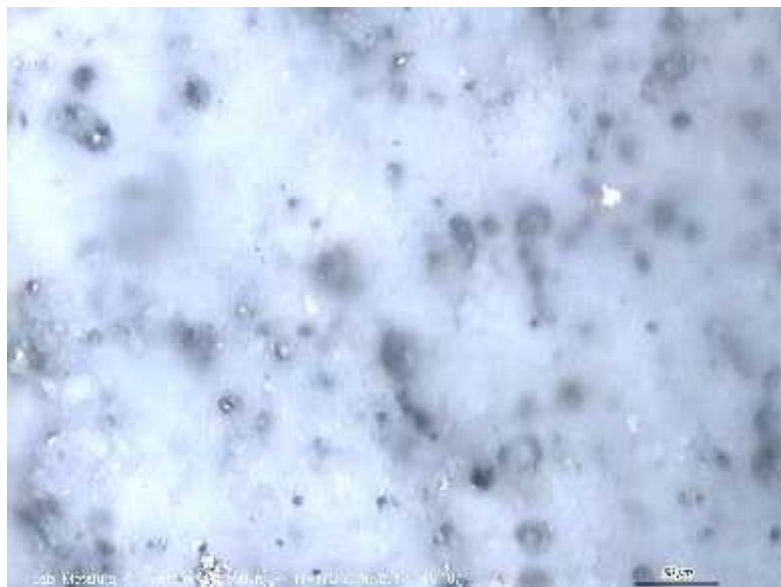


6. Titik Pengujian *Surface Roughness* (Setelah Diblasting)

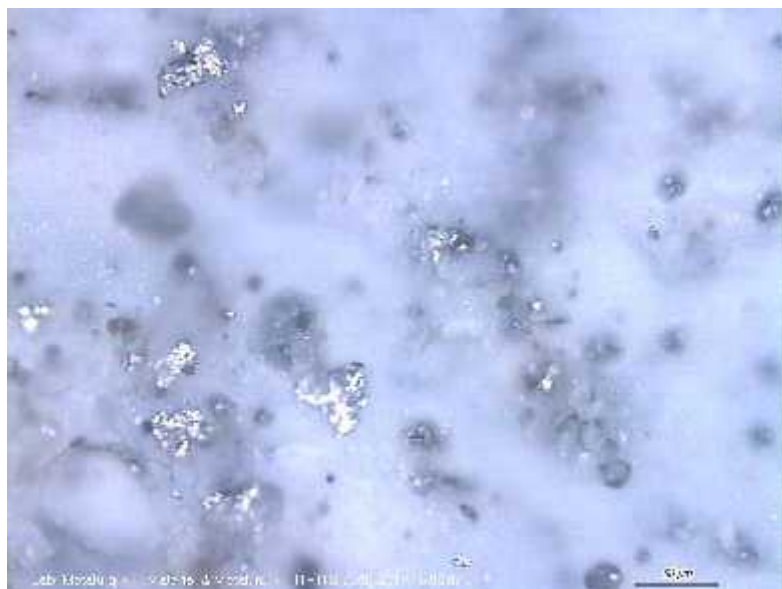


**7. Foto Makro *Coating* (gambar ukuran penuh)
Perbesaran 20 kali**

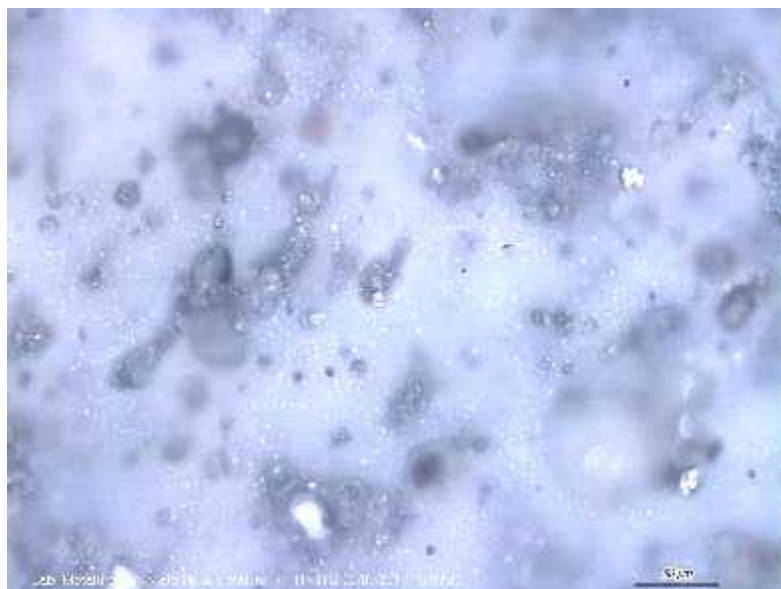
a. 25%Zn-75%Al-10



b. 25%Zn-75%Al-12



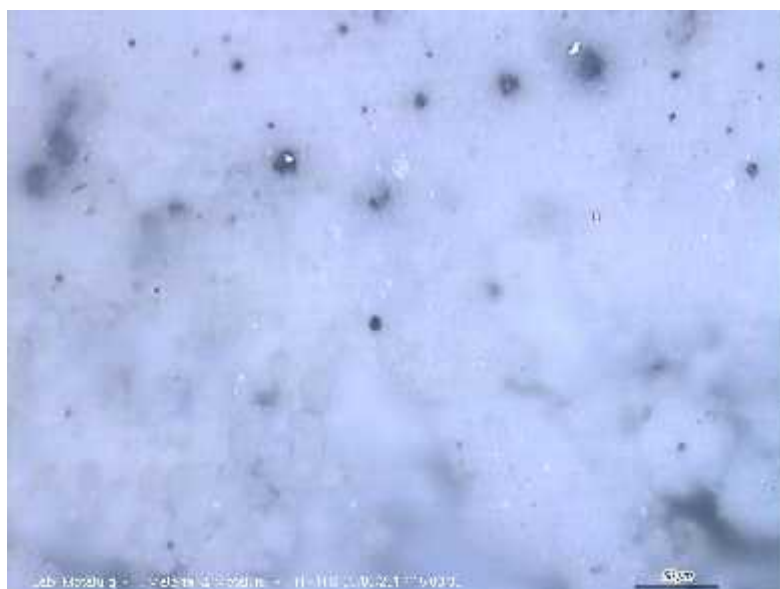
c. 25%Zn-75%Al-14



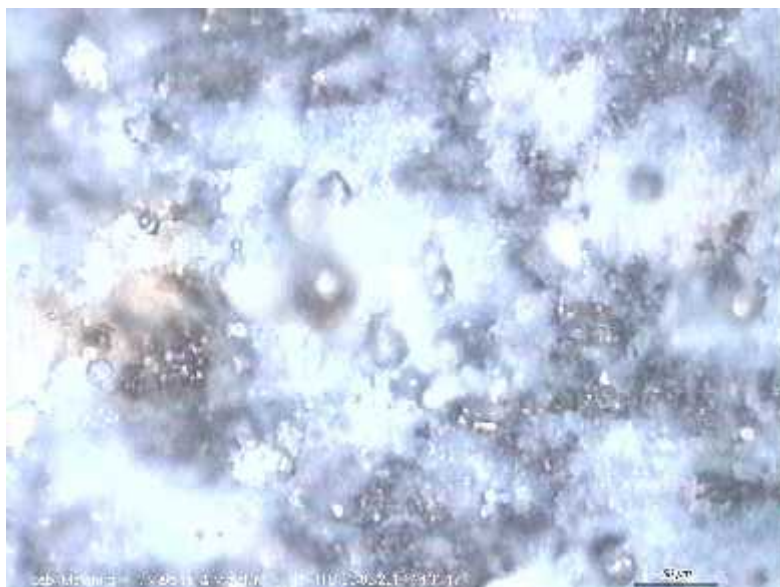
d. 50%Zn-50%Al-10



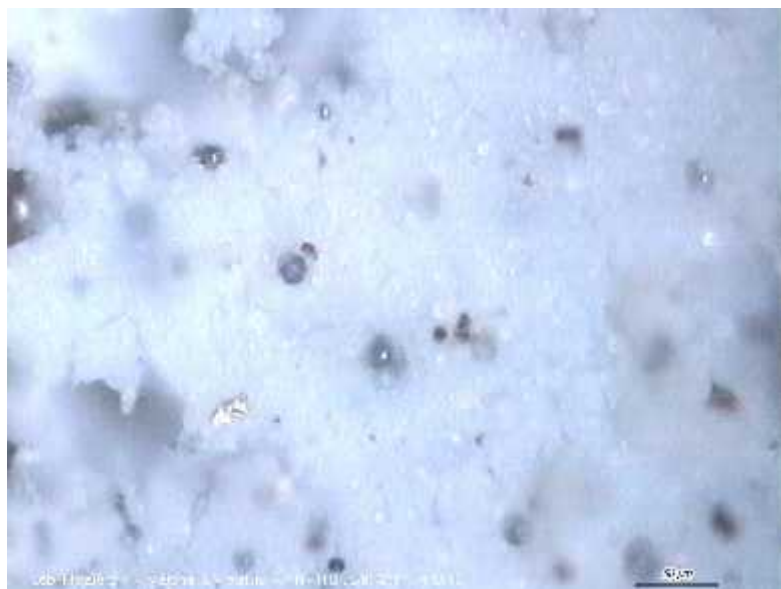
e. 50%Zn-50%Al-12



f. 50%Zn-50%Al-14



g. 75%Zn-25%Al-10



h. 75%Zn-25%Al-12

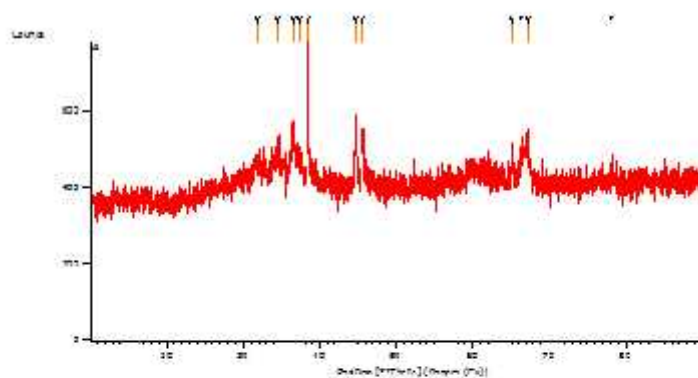


i. 75%Zn-25%Al-14



8. Data Pengujian XRD

a. 25%Zn-75%Al-10



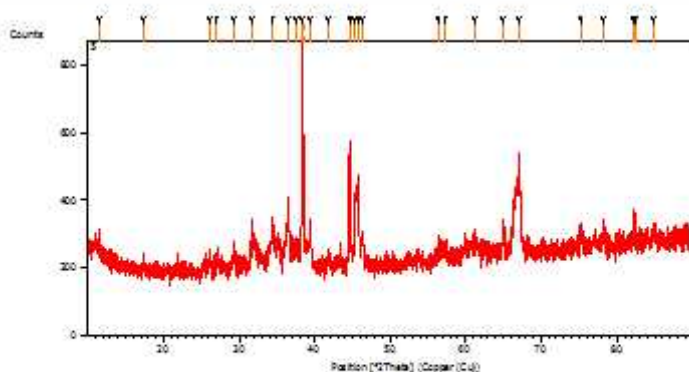
Peak List (Bookmark 3)



Pos. [°2 θ]	Height [c/s]	FWHM LeR [°2 θ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
31.9467	55.83	0.8029	1.30147	16.23
34.5252	73.42	0.4015	2.39792	21.34
36.6296	118.37	0.2007	2.43336	34.47
37.4030	76.44	0.4015	1.40439	22.22
38.1137	314.01	0.0669	2.31312	100.00
44.6638	134.62	0.0836	2.02894	53.57
45.6791	125.65	0.2007	1.98617	36.54
60.1365	17.25	0.2676	1.15216	13.71
66.4523	95.36	0.2676	1.40696	27.72
67.1671	116.87	0.2007	1.39177	37.96
78.1719	64.62	0.2676	1.22277	18.79



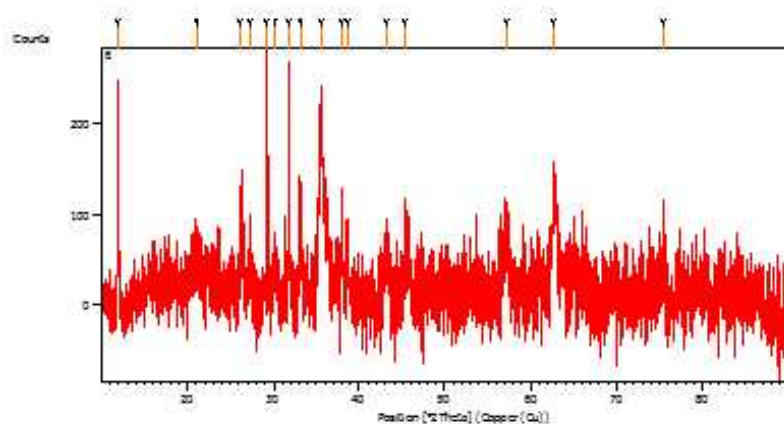
b. 25%Zn-75%Al-12



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. (°2Th.)	Height (cts)	FWHM Left (°2Th.)	d-spacing [Å]	Rel. Int. (%)
11.5080	70.89	0.1004	7.68955	10.58
17.3586	27.80	0.4015	5.10881	4.15
26.0826	60.45	0.2007	3.41647	9.02
27.0532	40.35	0.4015	3.29605	6.02
29.3574	76.61	0.1338	3.04239	11.43
31.6322	137.94	0.1338	2.82860	20.58
34.4850	135.56	0.1673	2.60086	20.22
36.4705	184.66	0.1338	2.46369	27.55
37.5736	71.87	0.4015	2.39386	10.72
38.3744	670.30	0.0816	2.34378	100.00
38.4858	382.61	0.0612	2.34306	57.08
39.3913	128.02	0.1428	2.28559	19.10
41.8522	29.57	0.4896	2.15671	4.41
44.6438	363.72	0.0816	2.02812	54.26
45.3324	209.77	0.1020	1.99890	31.29
45.6886	248.81	0.2448	1.98414	37.12
46.3741	92.61	0.3264	1.95640	13.82
56.3772	52.60	0.2448	1.63069	7.85
57.3608	42.67	0.3264	1.60505	6.37
61.2483	24.33	0.9792	1.51216	3.63
64.9423	74.19	0.2448	1.43478	11.07
67.1251	219.47	0.6528	1.39333	32.74
75.1847	49.22	0.3264	1.26270	7.34
78.1638	74.99	0.1224	1.22186	11.19
82.2108	75.12	0.1224	1.17165	11.21
82.4394	79.74	0.1224	1.16898	11.90
84.8664	32.67	0.4896	1.14164	4.87

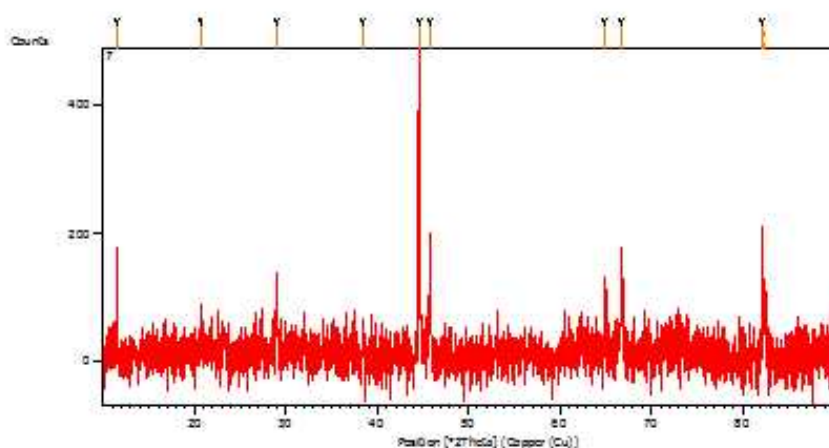
c. 25%Zn-75%Al-14



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.8500	241.24	0.0502	7.46842	79.00
21.0478	46.17	0.6691	4.22094	15.12
26.2095	111.45	0.4015	3.40021	36.50
27.2343	89.10	0.2007	3.27455	29.18
29.2541	305.36	0.0502	3.05290	100.00
30.2279	60.06	0.5353	2.95674	19.67
31.7959	289.51	0.0502	2.81441	94.81
33.1284	155.00	0.1004	2.70419	50.76
35.5696	210.73	0.4015	2.52400	69.01
37.9163	110.57	0.1004	2.37301	36.21
38.6369	69.98	0.2007	2.33040	22.92
43.2097	56.93	0.5353	2.09378	18.64
45.3523	78.79	0.2007	1.99972	25.80
57.1574	56.82	0.4015	1.61161	18.61
62.7328	102.13	0.3346	1.48112	33.45
75.3873	36.25	0.8029	1.26086	11.87

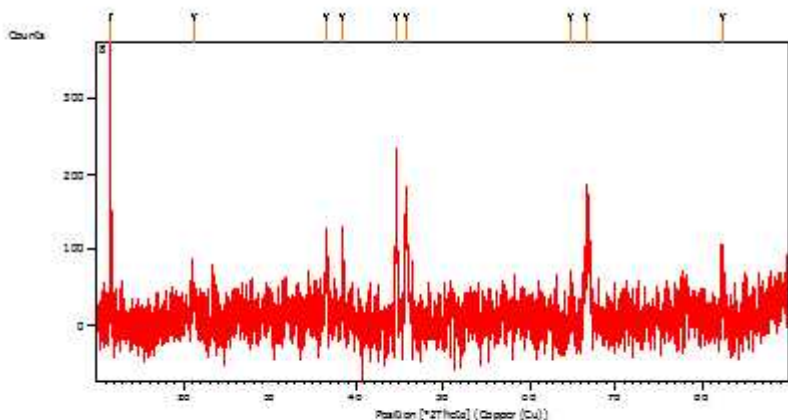
d. 50%Zn-75%Al-10



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.5164	171.95	0.0502	7.68395	34.95
20.6423	41.26	0.2007	4.30293	8.39
29.0385	56.13	0.4015	3.07507	11.41
38.4212	36.16	0.2007	2.34298	7.35
44.5667	491.97	0.0612	2.03145	100.00
45.7650	175.00	0.1338	1.98265	35.57
64.9526	82.45	0.2676	1.43577	16.76
66.7604	142.06	0.1004	1.40121	28.88
82.2297	211.91	0.1020	1.17143	43.07
82.4784	101.11	0.1224	1.17143	20.55

e. 50%Zn-75%Al-12

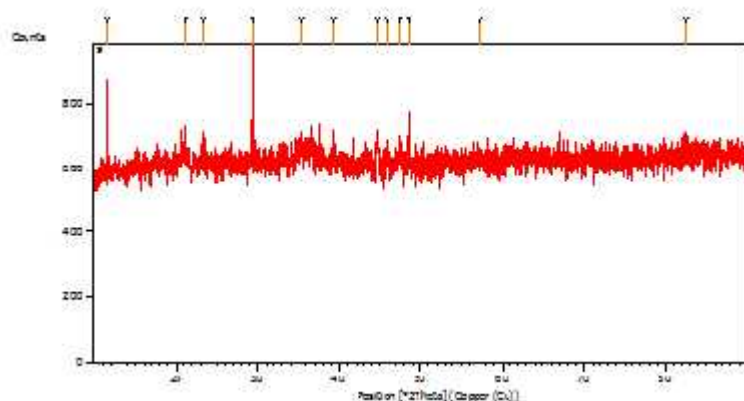


Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2 θ]	Height [cts]	FWHM Left [°2 θ]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.6192	377.96	0.0669	7.61624	100.00
21.2301	31.63	0.6691	4.18511	8.37
36.5821	82.72	0.2676	2.45644	21.89
38.4312	117.47	0.1338	2.34239	31.08
44.6413	210.10	0.1338	2.02991	55.59
45.8187	180.03	0.2007	1.98045	47.63
65.0161	49.20	0.2676	1.43452	13.02
66.8414	167.70	0.1673	1.39971	44.37
82.2854	108.59	0.1224	1.17078	28.73

Pattern List: (Bookmark 4)

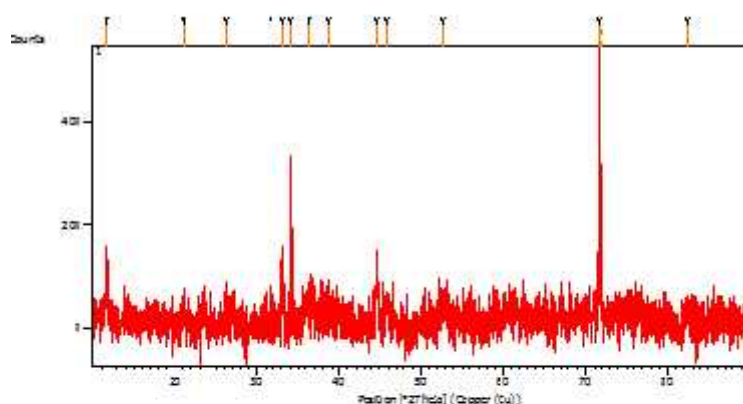
f. 50%Zn-50%Al-14



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2 θ]	Height [cts]	FWHM Left [°2 θ]	c-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.5911	291.35	0.0502	7.63460	77.87
21.2914	56.20	0.9368	4.17321	14.98
23.3648	80.72	0.1004	3.80756	21.52
29.3895	375.09	0.0502	3.03914	100.00
30.4011	64.58	0.5546	2.85265	17.16
30.4023	65.24	0.2007	2.86687	17.30
44.6053	104.61	0.2007	2.03146	27.89
45.8378	47.64	0.4015	1.97763	12.70
47.5557	85.48	0.2007	1.91292	22.19
48.5057	174.33	0.0612	1.87528	46.48
57.4464	25.22	0.8029	1.60419	6.72
82.3578	36.21	0.4015	1.17090	9.65

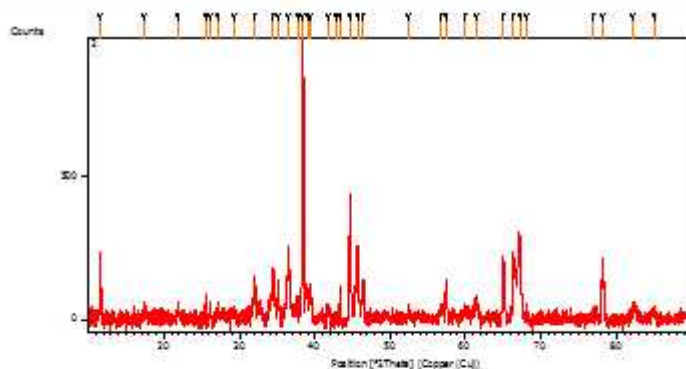
g. 75%Zn-25%Al-10



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.6602	105.17	0.2676	7.58654	20.27
21.0705	38.17	0.5333	4.21644	7.35
26.1684	62.21	0.2676	3.40345	11.99
31.6585	141.92	0.1338	2.82631	27.35
33.0688	163.30	0.1338	2.70893	31.46
54.1140	340.40	0.0408	2.02007	66.76
56.4832	47.70	0.8079	7.46786	9.09
58.7116	39.73	0.8029	2.32607	7.56
44.6479	110.70	0.2676	2.02562	21.33
45.8226	38.71	0.5333	1.08070	7.46
52.6906	21.44	0.8029	1.73721	4.13
71.7751	518.98	0.0612	1.31406	100.00
71.9821	282.73	0.0612	1.31405	54.48
82.4426	39.54	0.9792	1.16895	7.52

h. 75%Zn-25%Al-12

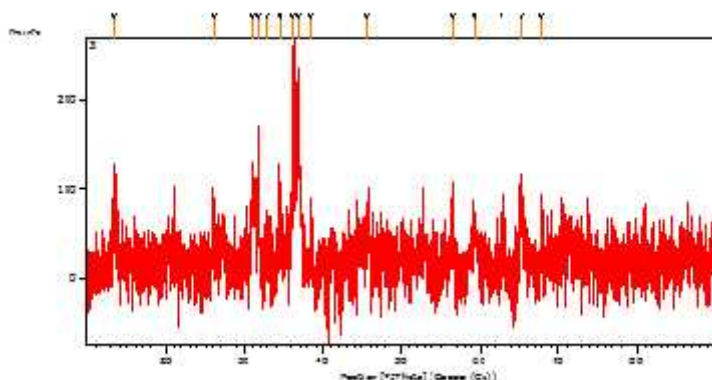


Peak List: (Bookmark 3)

Pos [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
11.3981	226.37	0.0669	7.63006	22.71
17.3947	32.90	0.4015	5.09827	3.30
21.8098	34.11	0.4015	4.07517	3.42
25.5220	85.47	0.1004	3.49023	8.57
26.1172	44.66	0.2007	3.41202	4.48
27.1055	53.28	0.2007	3.28981	5.34
29.2858	54.57	0.4015	3.04967	5.47
32.0528	156.23	0.1338	2.79244	15.66
34.4874	174.95	0.2007	2.60068	17.54
35.0983	151.43	0.1338	2.55681	15.18
36.5310	261.61	0.2676	2.45975	26.22
37.7766	87.36	0.1338	2.38146	8.76
38.4121	997.65	0.1004	2.34351	100.00
39.0261	115.99	0.2676	2.30805	11.63
39.4067	118.03	0.1673	2.28662	11.83
41.7223	52.31	0.3346	2.16492	5.24
42.7741	32.78	0.2007	2.11409	3.29
43.3084	131.97	0.0612	2.08751	13.23
44.6668	450.55	0.1171	2.02881	45.16
45.7548	209.18	0.3011	1.98306	20.97
46.5006	120.01	0.1673	1.95298	12.03
52.4785	37.08	0.1338	1.74373	3.72
56.8327	44.48	0.2676	1.62004	4.46
57.4369	115.82	0.1004	1.60443	11.61
60.0126	35.94	0.6691	1.54158	3.60
61.5156	56.34	0.5353	1.50747	5.65
65.0760	200.49	0.1673	1.43334	20.10

66.4128	209.26	0.1338	1.40770	20.98
67.2079	303.80	0.1338	1.39297	30.45
68.1812	41.74	0.2007	1.37544	4.18
77.0432	25.39	0.5353	1.23784	2.55
78.1829	188.51	0.1673	1.22262	18.89
82.2518	49.77	0.1673	1.17214	4.99
85.0348	23.70	0.4015	1.14075	2.38

i. 75%Zn-25%Al-14



Peak List: (Evohmak 3)

Pos. [°2 θ]	Height [cts]	FWHM [Leff [°2 θ]]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
13.4331	87.33	0.2007	6.59161	13.01
16.1929	78.75	0.2007	5.40255	29.78
31.0744	96.12	0.2676	2.37302	16.33
31.7173	171.78	0.1338	2.32123	64.93
32.8869	51.75	0.5353	2.72342	19.56
34.4029	101.43	0.2007	2.50588	18.26
36.2039	264.57	0.1673	2.48122	100.00
36.8102	211.94	0.2676	2.44173	80.11
38.4892	52.15	0.4015	2.33903	19.71
45.4920	22.73	0.8029	1.90301	8.40
56.5810	91.55	0.2676	1.62551	34.61
59.3283	56.43	0.5353	1.53772	19.06
62.7901	70.35	0.5546	1.47991	16.59
65.3597	94.65	0.4015	1.42781	35.78
67.9669	61.75	0.2007	1.37925	33.34

9. PDF Card

a. 25%Zn-75%Al-10

PDF#37-1462; QM-Intermediate; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Aluminum Oxide

Al₂O₃

Radiation CuK α 1 Lambda 1.5406 Filter

Calibration- d-Cutoff- I/Ic(RIR)-

Ref- Level-1 PDI

(Unknown)(Unknown) 7- ng-

Cell- Pearson-

Density(c)- Density(m)- Nwt- Vol-

Ref- Ibid.

Strong line: 1.48/X 1.98/X 2.58/S 2.78/S 2.88/S 2.88/S 1.57/2 4.88/1

d(A)	1(+)	1(v)	n	k	l	m ²	2-theta	theta	1/(2d)	2pi/d
4.880	14.0	4.0					18.489	9.244	0.1042	1.3890
2.880	80.0	40.0					71.916	35.958	0.1786	2.2448
2.600	80.0	40.0					34.400	17.200	0.1923	2.4160
2.500	80.0	40.0					35.891	17.945	0.2000	2.5133
2.400	80.0	40.0					39.133	19.566	0.2114	2.7218
1.980	99.0	67.0					45.788	22.894	0.2525	3.1733
1.570	70.0	18.0					60.457	30.228	0.1768	4.1067
1.400	100.0	100.0					66.761	33.381	0.2571	4.4880

PDF#19-0629: QM-Stan/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Magnetite, syn

Fe₃(Fe₂)₃O₄

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=-
 Calibration=- d Cutof=- 1/10(KIK)-4.9
 Ref- Level-1 PDF

Cubic, Fd 3m(227) 7-8 mp-
 Cell=8.306x8.306x8.306<90x90x90> Pearson=
 Density(c)=5.175 Density(m)- Mol- Vol-
 Ref- Thid-

Strong: 100, 2.53/3 1.48/4 2.97/3 1.62/3 2.10/2 1.09/1 1.71/1 1.25/1

d(A)	1(+)	1(v)	h	k	l	n ²	2 <th>I(hkl)</th> <th>I(hkl)</th> <th>1/(d²)</th> <th>2pi/d</th>	I(hkl)	I(hkl)	1/(d ²)	2pi/d
4.852	8.0	4.0	1	1	1	3	18.268	9.135	0.1011	1.2950	
2.967	30.0	20.0	2	2	0	8	30.035	15.047	0.1185	2.1177	
2.532	100.0	100.0	3	1	1	11	35.422	17.711	0.1475	2.4815	
2.424	8.0	8.0	2	2	2	12	37.052	18.526	0.2062	2.5918	
2.099	20.0	24.0	4	0	0	16	42.052	21.026	0.2282	2.9938	
1.714	10.0	15.0	4	2	2	24	51.131	25.565	0.2916	3.6645	
1.615	30.0	47.0	5	1	1	27	56.942	28.471	0.3094	3.8886	
1.484	40.0	68.0	4	4	0	32	62.515	31.257	0.3368	4.2325	
1.419	2.0	4.0	5	3	1	35	65.713	32.857	0.3523	4.4273	
1.327	4.0	8.0	6	2	0	40	70.924	35.462	0.3755	4.7324	
1.288	10.0	20.0	5	1	1	41	71.948	35.974	0.3884	4.9061	
1.265	4.0	8.0	6	2	2	44	74.950	37.480	0.3950	4.9634	
1.211	2.0	4.0	4	4	4	48	78.924	39.464	0.4126	5.1846	
1.122	4.0	9.0	6	4	2	50	86.702	43.351	0.4450	5.5995	
1.093	12.0	28.0	7	3	1	59	89.617	44.808	0.4575	5.7486	
1.049	6.0	14.0	8	0	0	64	94.425	47.212	0.4764	5.9067	
0.989	2.0	5.0	6	6	0	72	102.224	51.112	0.5053	6.3492	
0.969	6.0	16.0	7	5	1	75	105.218	52.609	0.5157	6.4889	
0.903	4.0	11.0	6	6	2	70	106.205	53.102	0.5191	6.5232	
0.938	4.0	11.0	8	4	0	80	110.253	55.134	0.5325	6.6928	
0.895	2.0	5.0	6	6	4	80	118.710	59.360	0.5585	7.0108	
0.880	6.0	17.0	9	3	1	91	122.118	61.059	0.5681	7.1384	

PDF#00-1238; QM-Star/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Iron Zinc

FeZn15

Radiation=CuK α Lambda=1.5405 λ filter=

Calibration= d-CuLott= 1/Ic(RLN)=2.4

Ref= Level 1 PDF

Monoclinic C2/m(12) 7 2 mp

Cell 13.424x7.608x7.061<98x127.7x90>

Pearson

Density(ρ)=7.716

Density(σ)=

Mur=

Unit=

Ref= Ibid.

Strong Line: 2.17/X 2.12/Y 2.15/Z 2.05/Y 2.11/Y 2.08/Y 1.26/Y 2.19/Y

d(A)	h	k	l	m ²	2-theta	theta	1/(2d)	2pL/d
6.196	1	1	0		14.282	7.141	0.0807	1.0140
5.339	0	2	0		16.590	8.295	0.0936	1.1768
4.975	0	2	1		17.817	8.906	0.1005	1.2628
4.097	1	1	1		21.609	10.835	0.1220	1.5331
4.025	0	0	1		22.061	11.031	0.1242	1.5687
3.084	0	2	0		23.365	11.683	0.1314	1.6517
3.602	1	1	1		24.079	12.039	0.1354	1.7014
3.367	0	1	1		26.608	13.304	0.1494	1.8770
3.224	0	1	0		27.545	13.773	0.1551	1.9488
3.098	0	1	2		28.732	14.366	0.1634	2.0281
3.022	1	1	2		29.534	14.767	0.1655	2.0792
2.936	0	1	1		30.410	15.205	0.1702	2.1394
2.765	0	2	1		32.352	16.176	0.1808	2.2724
2.669	1	1	4		33.541	16.770	0.1877	2.3576
2.555	1	1	2		35.050	17.525	0.1957	2.4598
2.521	1	1	1		35.572	17.786	0.1983	2.4916
2.513	2	0	1		35.699	17.850	0.1990	2.5003
2.487	1	0	2		36.073	18.037	0.2010	2.5256
2.467	1	1	0		36.382	18.191	0.2026	2.5455
2.431	1	1	2		36.924	18.462	0.2056	2.5858
2.398	1	1	1		37.487	18.734	0.2085	2.6198
2.248	1	1	1		40.065	20.033	0.2224	2.7942

b. 25%Zn-75%Al-12

PDF#19-0629; QM-Start/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Magnetite, syn

Fe_{1.75}Fe_{2.25}O₄

Radiation-CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d CutOff= 1/10(KIK)-4.9

Ref- Level-1 PDF

Cubic, Fd 3m(227) 7-8 mp-

Cell=8.306x8.306x8.306x90x90x90>

Pearson=

Density(c)=5.178

Density(m)=

MwL=

Vol=

Ref- Thid:

Strong line: 2.53/3 1.48/4 2.97/3 1.62/3 2.10/2 1.09/1 1.71/1 1.38/1

d(A)	h	k	l	h ²	2 Theta	Theta	1/(d ²)	2pi/d
4.852	8	0	0	64	18.269	9.135	0.1031	1.2950
2.967	30	0	0	900	30.095	15.047	0.1185	2.1177
2.532	100	0	0	10000	35.422	17.711	0.1475	2.4815
2.424	8	0	0	64	37.052	18.526	0.2062	2.5918
2.099	20	0	0	400	42.052	21.026	0.2382	2.9950
1.714	10	0	0	100	51.751	25.876	0.2916	3.6675
1.615	30	0	0	900	56.942	28.471	0.3004	3.8886
1.484	40	0	0	1600	62.515	31.257	0.3388	4.2325
1.419	2	0	0	4	65.713	32.857	0.3523	4.4273
1.327	4	0	0	16	70.924	35.462	0.3755	4.7324
1.200	10	0	0	100	77.948	38.974	0.3984	4.9861
1.265	4	0	0	16	74.950	37.480	0.3950	4.9634
1.211	2	0	0	4	78.974	39.487	0.4178	5.1826
1.122	4	0	0	16	86.702	43.351	0.4456	5.5995
1.095	12	0	0	144	89.617	44.808	0.4575	5.7286
1.049	6	0	0	36	94.475	47.237	0.4704	5.9067
0.980	2	0	0	4	102.224	51.112	0.5053	6.3402
0.964	6	0	0	36	105.218	52.609	0.5157	6.4889
0.903	4	0	0	16	106.205	53.102	0.5191	6.5232
0.938	4	0	0	16	110.253	55.126	0.5325	6.6928
0.895	2	0	0	4	118.736	59.368	0.5585	7.0108
0.880	6	0	0	36	122.118	61.059	0.5681	7.1384

PDF#05-1238; QM-Star/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Iron Zinc

FeZn15

Radiation=CuK α Lambda=1.5406 Å Filter=

Calibration= d-Calcutt= 1/c(RLR)=2.4

Ref= Level 1 PDB

Monoclinic, C2/m(12) 7 2 mp

Cell 13.474x7.608x7.061 Å 99.6177.7x90° Pearson

Density(r)=7.716 Density(m)= Mat= Unit=

Ref= Ibid.

Strong Line: 2.17/4 2.12/8 2.15/6 2.05/5 2.11/4 2.08/4 1.26/4 2.19/4

d(Å)	h	k	l	m ²	2-theta	theta	1/(2d)	2p1/2
6.196	7.2	2.5	1 1 0		14.282	7.141	0.0807	1.0148
5.339	8.4	0.2	2 0 0		16.590	8.295	0.0936	1.1768
4.975	8.1	0.8	2 0 1		17.812	8.906	0.1005	1.2628
4.897	7.4	1.9	1 1 1		18.609	9.305	0.1020	1.5331
4.825	1.5	0.8	0 0 1		19.061	9.531	0.1042	1.5687
3.884	8.1	0.1	0 2 0		23.365	11.683	0.1214	1.6517
3.692	7.7	4.5	-3 1 1		24.879	12.439	0.1354	1.7014
3.547	8.1	0.1	-1 0 1		26.688	13.344	0.1494	1.8770
3.224	8.1	0.1	3 1 0		27.945	13.973	0.1551	1.9482
3.098	8.1	0.1	2 2 0		28.792	14.396	0.1614	2.0281
3.022	2.4	1.7	2 2 1		29.594	14.797	0.1655	2.0792
2.936	8.2	0.1	1 1 1		30.410	15.205	0.1702	2.1394
2.765	6.4	5.8	0 2 1		32.152	16.076	0.1808	2.2724
2.669	1.4	1.1	4 0 0		33.541	16.770	0.1871	2.3516
2.555	7.6	6.5	2 0 1		35.080	17.540	0.1957	2.4598
2.521	7.3	6.3	-5 1 1		35.572	17.786	0.1983	2.4916
2.513	21.0	20.8	-4 2 1		35.699	17.850	0.1990	2.5003
2.487	5.5	4.9	-1 0 2		36.873	18.437	0.2010	2.5256
2.467	3.2	2.8	1 2 0		36.982	18.491	0.2026	2.5455
2.431	13.8	11.6	-2 0 2		36.934	18.467	0.2026	2.5888
2.398	1.8	0.9	3 1 2		37.467	18.734	0.2085	2.6198
2.248	8.8	9.6	1 3 1		40.865	20.432	0.2224	2.7942

c. 25%Zn-75%Al-14

PC-028 2008: QM-Intermediate; d-Other/Unknown; 1-(Unknown)

Formula: -syn

Formula(CuO)4C2H2

Radiation-CuK α lambda=1.5406 Filter-

Calibration- d-Cutoff- I/Ic(RIR)-

Ref- Level-1 PDF

Monoclinic, P2₁/c(14) Z=2 mp=

Cell-10.055x4.695x16.014(90x111x90) Pearson=

Density(c)=1.42 Density(m)= Mat= Vol=

R_F Thid.

Strong Line: 9.48/X 1.51/9 7.52/B 1.87/7 1.87/6 7.25/5 1.43/4 5.04/1

d(A)	1(h)	1(k)	1(l)	h	k	l	n ²	2-theta	theta	1/(2 θ)	2p1/d
9.480	100.0	41.0	1.0	0	0	0	9.481	4.700	0.0522	0.6684	
7.520	80.0	41.0	0.0	0	0	2	11.758	5.879	0.0865	0.8555	
7.250	50.0	27.0	1.0	0	2		12.198	6.099	0.0890	0.8666	
5.040	30.0	21.0	1.0	0	2		17.582	8.791	0.0552	1.2467	
4.870	20.0	16.0	-2.0	0	2		18.715	9.357	0.1031	1.2902	
4.680	20.0	17.0	2.0	0	0		18.947	9.473	0.1058	1.3426	
4.480	10.0	9.0	0.0	1	1		19.801	9.900	0.1116	1.4025	
4.260	10.0	9.0	-1.0	1	1		20.855	10.417	0.1174	1.5779	
3.970	70.0	59.0	0.0	1	2		22.276	11.188	0.1259	1.9827	
3.860	10.0	10.0	1.0	1	1		23.022	11.511	0.1295	1.6278	
3.750	10.0	10.0	0.0	0	4		23.707	11.853	0.1333	1.6755	
3.670	10.0	11.0	2.0	0	4		24.502	12.251	0.1177	1.7309	
3.510	90.0	100.0	1.0	1	1		25.154	12.577	0.1425	1.7901	
3.470	40.0	45.0	1.0	1	2		25.955	12.978	0.1458	1.8710	
3.370	20.0	23.0	-3.0	0	2		26.667	13.334	0.1497	1.8812	
3.050	60.0	77.0	-1.0	1	0		29.257	14.629	0.1659	2.0601	
2.990	10.0	13.0	1.0	1	3		29.858	14.929	0.1672	2.1014	
2.932	10.0	13.0	0.0	1	4		30.462	15.231	0.1705	2.1430	
2.640	20.0	29.0	1.0	1	5		33.823	16.911	0.1888	2.3728	
2.458	10.0	16.0	1.0	1	1		36.526	18.263	0.2034	2.5562	
2.224	10.0	18.0	1.0	2	1		40.528	20.264	0.2248	2.8252	
2.176	10.0	18.0	-4.0	1	1		41.463	20.731	0.2258	2.8875	

FDI#27-0085: QM=Intermediate; d=Other/Unknown; l=(Unknown)

Zinc Hydride

ZnH2

Radiation CuK α lambda 1.5406 Filter

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=

Ref= level 1 P0F

lcnagonal1(Primitive) 2-18 mp=

Cell=8.81x8.81x4.77ic90x50x90 Pearson=

Density(c)=5.425 Density(m)= Mut= Vol=

Ref Thid.

Strong Lines: 4.2776 4.1676 3.7976 4.5876 2.1876 3.1276 2.7576 2.0876

d(A)	1(+)	1(v)	h	k	l	n ²	2 <th>theta</th> <th>theta</th> <th>1/(2d)</th> <th>2p1/d</th>	theta	theta	1/(2d)	2p1/d
6.270	40.0	21.0	1	1	0		14.117	7.057	0.0797	1.0071	
4.500	60.0	44.0	2	0	0		19.712	9.856	0.1111	1.3363	
4.160	60.0	47.0	1	0	1		21.341	10.671	0.1202	1.5104	
3.790	60.0	52.0	1	1	1		23.453	11.726	0.1319	1.6578	
4.270	100.0	100.0	2	0	1		22.749	11.375	0.1529	1.9215	
3.120	60.0	63.0	2	2	0		28.586	14.293	0.1603	2.0130	
2.940	40.0	44.0	3	0	0		30.378	15.189	0.1701	2.1371	
2.830	40.0	46.0					31.589	15.791	0.1767	2.2202	
2.610	20.0	25.0	2	2	1		34.330	17.165	0.1916	2.4074	
2.500	40.0	52.0	1	0	1		35.891	17.945	0.2000	2.5137	
2.400	40.0	54.0	3	1	1		37.441	18.720	0.2083	2.6180	
2.290	40.0	57.0	1	0	2		39.311	19.658	0.2183	2.7437	
2.230	60.0	68.0	1	1	2		40.415	20.207	0.2242	2.8176	
2.180	60.0	69.0	3	2	1		41.383	20.692	0.2294	2.8822	
2.140	10.0	15.0	4	1	0		42.193	21.097	0.2336	2.9361	
2.080	60.0	64.0	3	3	0		43.472	21.735	0.2404	3.0208	
2.070	20.0	32.0	4	0	1		44.832	22.416	0.2475	3.1105	
1.980	20.0	33.0	4	2	0		45.788	22.894	0.2525	3.1733	
1.900	20.0	34.0	2	2	2		47.834	23.917	0.2632	3.3069	
1.770	40.0	71.0	4	3	0		51.590	25.797	0.2925	3.5190	
1.630	10.0	29.0	5	1	1		56.402	28.201	0.3067	3.8547	
1.610	10.0	29.0	4	0	2		57.160	28.583	0.3106	3.9020	

PDF#05 0028: QM Scan/Calculated; d Other/Unknown; T (Unknown)

Halite, syn

NaCl

Radiation-CuK α 1 Lambda=1.5406 Filter-

Calibration d Cutoff T/Tc(RTR) 4.4

Ref- Level-1 PDF

Cubic, Fm $\bar{3}m(225)$ Z=4 mp-

Cell 5.64x5.64x5.64x90x90x90 Pearson

Density(c)=2.168 Density(n)- Mnt- Vol-

Ref= Irid.

Strong line: 2.82/X 1.99/G 1.63/Y 1.26/I 1.26/I 1.15/I 1.01/I

d(A)	1(h)	1(k)	1(l)	h	k	l	n ²	2- θ (La)	θ (La)	1/(2d)	2 π /d
3.268	13.0	11.0	1	1	1	3	27.334	13.667	0.1534	1.9274	
2.821	100.0	100.0	2	0	0	4	31.692	15.846	0.1772	2.2271	
1.994	55.0	78.0	2	2	0	8	45.449	22.724	0.2508	3.1510	
1.781	2.0	3.0	3	1	1	11	53.852	26.926	0.2939	3.6938	
1.628	15.0	26.0	2	2	2	12	56.477	28.239	0.3071	3.8595	
1.410	6.0	12.0	4	0	0	16	66.227	33.113	0.3546	4.4562	
1.294	1.0	2.0	3	3	1	19	73.064	36.532	0.3864	4.8556	
1.281	11.0	25.0	4	2	0	20	75.302	37.651	0.3965	4.9827	
1.151	7.0	17.0	4	2	2	24	87.970	41.985	0.4742	5.4565	
1.085	1.0	3.0	5	1	1	27	90.406	45.203	0.4606	5.7883	
0.995	2.0	5.0	4	4	0	32	101.189	50.595	0.5016	6.3027	
0.954	1.0	3.0	5	3	1	35	107.805	53.902	0.5245	6.5910	
0.948	3.0	9.0	6	0	0	36	110.041	55.021	0.5319	6.6875	
0.891	4.0	13.0	6	2	0	40	119.499	59.750	0.5607	7.0463	
0.850	1.0	3.0	5	3	3	43	127.164	63.582	0.5813	7.3052	
0.850	3.0	10.0	6	2	2	44	129.887	64.944	0.5880	7.3894	
0.814	2.0	7.0	4	4	4	40	142.211	71.105	0.6142	7.7180	

d. 50%Zn-50%Al-10

PDF #01-2155: Q=Iter/Calculated; d=Other/Unknown; I=(Unknown)

Simonskollite, syn

Zn5(Al)8O12H2O

Radiation-CuKα1 λ=1.5406 Filter-

Calibration- d-Cutoff- I/Ic(RIR)-

Ref- Level-1 P01

Rhombohedral, R 3m(166) Z 1 mp

Cell-6.34x6.34x23.66<90x90x120> Pearson-

Density(c)=3.20 Density(m)- Hwt- Vol-

Ref- Ibid.

Strong line: 7.87/X 2.67/7 2.72/6 2.77/4 1.59/4 3.17/4 2.94/3 3.58/3

d(Å)	1(+)	1(v)	h	k	l	h ²	2-theta	theta	I/(2θ)	2θ/°
7.870	100.0	52.0	0	0	3	11.254	5.617	0.0635	0.7984	
5.750	20.0	15.0	1	0	1	16.556	8.278	0.0935	1.1744	
4.020	20.0	20.0	1	0	0	22.894	11.047	0.1244	1.5630	
3.940	8.0	8.0	0	0	0	22.540	11.274	0.1269	1.5947	
3.580	25.0	20.0	0	1	5	24.850	12.425	0.1537	1.7551	
3.170	35.0	45.0	1	1	0	28.126	14.063	0.1577	1.9821	
2.940	30.0	42.0	1	1	3	30.378	15.189	0.1701	2.1371	
2.870	25.0	36.0	1	0	7	31.040	15.524	0.1737	2.1832	
2.725	55.0	83.0	0	2	1	32.830	16.420	0.1835	2.3058	
2.572	55.0	100.0	2	0	2	35.510	16.755	0.1871	2.3515	
2.501	20.0	32.0	0	1	8	34.453	17.226	0.1922	2.4157	
2.480	4.0	7.0	0	2	4	36.070	18.035	0.2010	2.5254	
2.470	10.0	17.0	1	1	0	36.142	18.071	0.2024	2.5438	
2.374	35.0	61.0	2	0	5	37.866	18.933	0.2106	2.6467	
2.174	6.0	11.0	1	0	10	41.503	20.751	0.2300	2.8901	
2.057	8.0	16.0	2	1	1	43.759	21.880	0.2419	3.0398	
2.023	20.0	41.0	1	1	9	44.762	22.381	0.2472	3.1059	
2.012	10.0	20.0	2	0	0	45.020	22.510	0.2485	3.1229	
1.971	4.0	8.0	0	0	12	46.000	23.005	0.2537	3.1878	
1.957	10.0	21.0	2	1	4	46.358	23.179	0.2555	3.2105	
1.900	8.0	17.0	1	2	5	47.834	23.917	0.2632	3.3069	
1.870	4.0	9.0	1	0	0	49.705	24.893	0.2732	3.4334	

PDF#22-0948: QM-Doubtful(?); d-Other/Unknown; I-(Unknown)
Sodium

Na

Radiation-CuK α 1 Lambda-1.5406 Filter-
Calibration- d-Cutoff- I/Ic(RIR)-
Ref- Level-1 PDF

Unit cell, Å^3 (229) $Z=2$ mp-
Cell-1.291x1.291x1.291(90x90x90) Pearson-
Density(c)-0.965 Density(m)- Mw- Vol-
Ref- Ibid.

Strong Line: 3.83/8 1.75/2 2.15/2 1.46/1 1.52/1

d(Å)	I(f)	I(v)	h	k	l	n^2	2-Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
3.033	100.0	100.0	1	1	0	2	29.420	14.710	0.1648	2.0713
2.145	15.0	21.0	2	0	0	4	47.080	23.540	0.2330	2.9285
1.751	23.0	40.0	2	1	1	6	52.180	26.090	0.2855	3.5873
1.517	5.0	10.0	2	2	0	8	61.021	30.511	0.3290	4.1113
1.356	6.0	13.0	3	1	0	10	69.183	34.591	0.3685	4.6309
1.238	1.0	2.0	2	2	2	12	75.902	38.451	0.4036	5.0724
1.146	4.0	11.0	3	2	1	14	84.402	42.201	0.4360	5.4794
1.011	2.0	5.0	3	3	0	18	99.224	49.612	0.4944	6.2130
0.959	1.0	3.0	4	2	0	20	106.795	53.398	0.5211	6.5184
0.841	1.0	4.0	5	1	0	26	132.515	66.258	0.5942	7.4567
0.783	1.0	4.0	5	2	1	30	158.998	79.499	0.6382	8.0204

PDF#65-1957: QM Star/Calculated; d Other/Unknown; T (Unknown)

Sodium Sulfide

NaS

Radiation CuK α Lambda 1.5406 Filter

Calibration- d-Cutoff- T/Tc(BTR)-2.06

Ref- Level-1 PDF

Hexagonal, P-62m(189) 7-6

mp-

Cell-7.628x7.629x5.794x90x90x120o

Pearson-

Density(r)-2.81 Density(n)-

Met-

Vol-

Ref- Told.

Strong Line: 2.28/X 3.81/2 3.11/2 3.27/2 8.83/1 1.88/1 1.56/1 1.46/1

d(A)	T(T)	T(u)	h	k	l	n ²	2-Theta	Theta	1/(2d)	2p1/d
6.686	0.1	0.0	1	0	0	11.390	6.686	8.8757	0.9518	
5.394	0.0	0.0	0	0	1	10.420	8.210	0.0927	1.1048	
4.178	4.2	2.2	1	0	1	21.247	10.623	0.1137	1.5038	
3.814	24.7	14.3	1	1	0	23.300	11.650	0.1311	1.6472	
3.303	0.1	0.1	2	0	0	20.960	13.184	0.1514	1.9020	
3.114	22.0	10.0	1	1	1	28.639	14.319	0.1685	2.0174	
2.817	3.0	3.0	2	0	1	31.737	15.868	0.1775	2.2304	
2.697	0.1	0.1	0	0	2	33.190	16.595	0.1854	2.3297	
2.497	0.8	0.7	2	1	0	35.933	17.966	0.2002	2.5161	
2.266	2.2	2.2	2	1	1	39.743	19.872	0.2206	2.7727	
2.202	100.0	100.0	3	0	0	40.945	20.473	0.2240	2.8530	
2.089	0.1	0.1	2	0	2	43.241	21.620	0.2303	3.0075	
2.038	0.2	0.2	3	0	1	44.394	22.197	0.2352	3.0815	
1.904	2.2	2.5	2	2	0	47.641	23.820	0.2522	3.2944	
1.832	0.8	1.0	3	1	0	49.414	24.708	0.2429	3.4290	
1.798	6.6	8.1	2	2	1	50.729	25.364	0.2481	3.4943	
1.734	5.0	6.9	3	1	1	52.418	26.209	0.2582	3.6215	
1.705	0.1	0.1	3	0	2	53.687	26.844	0.2631	3.6834	
1.651	0.1	0.1	4	0	0	55.595	27.797	0.3017	3.8040	
1.626	2.8	3.7	1	1	2	56.530	28.265	0.3074	3.8633	
1.579	2.0	2.8	4	0	1	58.386	29.192	0.3155	3.9785	
1.557	6.4	9.0	2	2	2	59.290	29.647	0.3211	4.0343	

1.515	0.3	0.5	3	2	0	61.009	30.545	0.3299	1.1455
1.459	5.8	8.0	3	2	1	61.728	31.864	0.3427	1.3061
1.441	1.5	2.3	4	1	0	64.588	32.294	0.3468	1.3580
1.408	0.1	0.1	4	0	2	66.303	33.152	0.3550	1.4607
1.392	4.5	7.1	1	1	1	67.149	33.575	0.3590	1.5110
1.348	0.5	0.0	0	0	4	69.670	34.835	0.3700	1.6594
1.321	0.1	0.2	3	2	2	71.316	35.658	0.3784	1.7551
1.308	1.0	1.7	2	2	3	72.139	36.069	0.3822	1.8026
1.283	4.4	7.6	5	0	1	73.768	36.884	0.3896	1.8958
1.271	10.3	28.3	1	1	2	74.576	37.208	0.3932	1.9417
1.248	0.2	0.4	4	2	0	76.183	38.092	0.4005	2.0122
1.237	0.1	0.1	3	3	1	76.984	38.492	0.4040	2.0770
1.216	2.1	3.8	4	2	1	78.582	39.291	0.4111	2.1655
1.186	0.2	0.4	5	1	0	80.952	40.476	0.4214	2.2949
1.158	1.5	2.9	5	1	1	81.315	41.657	0.4315	2.4210
1.150	2.6	5.0	3	1	2	84.102	42.041	0.4348	2.4635
1.133	0.1	0.2	4	2	2	85.660	42.830	0.4413	2.5453
1.124	0.9	1.0	1	1	3	86.443	43.222	0.4445	2.5861
1.101	3.1	6.2	6	0	0	88.778	44.309	0.4541	2.7060
1.086	0.4	0.6	5	1	2	90.337	45.169	0.4603	2.7848
1.078	0.1	0.2	5	0	1	91.125	45.563	0.4635	2.8242
1.054	1.2	2.5	5	0	3	92.684	46.342	0.4696	2.9014
1.050	0.6	1.3	5	2	0	93.453	46.726	0.4726	2.9390
1.044	0.1	0.1	4	0	4	94.072	47.511	0.4787	3.0150
1.038	1.9	4.1	5	2	1	95.797	47.899	0.4816	3.0522
1.025	2.5	5.4	4	2	3	97.368	48.684	0.4875	3.1256
1.019	0.1	0.2	6	0	2	98.153	49.076	0.4905	3.1633
1.037	0.1	0.2	6	1	0	99.728	49.864	0.4965	3.2362
0.990	2.6	5.8	5	1	3	102.118	51.059	0.5049	3.3445
0.984	4.0	9.0	5	2	2	102.906	51.453	0.5077	3.3796
0.968	0.1	0.3	3	0	5	105.325	52.663	0.5161	3.4855
0.953	0.3	0.6	1	1	0	107.751	53.876	0.5243	3.5887
0.943	0.1	0.3	5	1	0	109.396	54.648	0.5298	3.6571
0.939	1.0	2.4	5	0	3	110.234	55.117	0.5325	3.6914
0.929	3.4	8.1	4	3	3	111.806	55.948	0.5378	3.7583
0.925	0.5	1.2	3	3	4	112.741	56.370	0.5405	3.7910

0.916	0.1	0.4	6	2	0	114.441	57.720	0.5457	6.8581
0.911	0.1	1.0	5	2	3	115.256	57.678	0.5481	6.8908
0.903	0.3	2.2	6	2	1	117.027	58.514	0.5535	6.9560
0.899	1.8	4.4	4	4	2	117.905	58.953	0.5561	6.9885
0.890	0.1	0.4	5	1	2	119.690	59.845	0.5614	7.0551
0.878	3.2	8.0	6	1	3	122.722	61.211	0.5689	7.1408
0.875	0.9	2.3	7	1	0	123.336	61.668	0.5714	7.1795
0.867	0.1	0.3	6	2	2	125.223	62.612	0.5764	7.2427
0.864	1.4	4.4	7	1	1	126.194	63.097	0.5789	7.2747
0.852	0.1	1.1	6	0	1	129.141	64.571	0.5862	7.3667
0.845	0.1	0.3	5	1	0	131.170	65.585	0.5911	7.4276
0.842	0.2	0.4	4	4	3	132.218	66.109	0.5935	7.4581
0.835	2.3	6.1	7	0	3	134.368	67.184	0.5983	7.5188
0.832	6.8	18.0	7	1	2	135.454	67.727	0.6007	7.5484
0.825	0.1	0.2	0	0	0	137.718	68.859	0.6051	7.6000
0.822	0.2	0.5	6	3	1	138.905	69.453	0.6078	7.6381
0.816	1.9	5.2	6	2	3	141.336	70.668	0.6125	7.6971
0.814	0.1	0.2	2	2	6	142.608	71.184	0.6149	7.7266
0.807	0.3	0.8	5	1	2	145.229	72.614	0.6195	7.7874
0.798	1.6	4.4	5	1	5	149.584	74.792	0.6264	7.8714

e. 50%Zn-50%Al-12

PDF#12 0414: QM-Intermediate; 0-Other/Unknown; 1-(Unknown)

Aluminum Oxide

Al₂O₃

Radiation-CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d CuKα++ 1/1c(RIR)=

Ref= Level 2 RIR

Hexagonal, P6₃/mmc(194) Z=12 sp=

Cell=5.64x5.54x22.65<90x90x120> Pearson=

Density(c)=3.739 Density(m)= Mol= Vol=

Ref= Ibid.

Strong Line: 1.40/X 1.59// 2.58// 11.90// 2.58/5 1.57/5 2.03/5 2.51/3

d(Å)	h	k	l	m ²	2-theta	theta	1/(2θ)	2π/d
11.900	70,0	8,0	0	2	7.425	3.711	0.8420	0.5280
5.7000	30,0	7,0	0	4	15.555	7.767	0.8877	1.1223
4.4500	10,0	5,0	1	2	19.956	9.968	0.1124	1.4120
4.0700	10,0	5,0	1	5	21.819	10.909	0.1229	1.5428
3.7800	10,0	4,0	0	5	23.516	11.758	0.1323	1.6622
2.8000	50,0	25,0	1	0	31.956	15.968	0.1786	2.2490
2.5800	70,0	37,0	1	7	33.707	16.783	0.1866	2.3445
2.5100	30,0	17,0	1	1	35.775	17.872	0.1992	2.5033
2.4100	30,0	17,0	2	1	37.280	18.640	0.2075	2.5871
2.2400	30,0	19,0	2	1	40.226	20.113	0.2252	2.8850
2.1400	30,0	20,0	2	5	42.103	21.097	0.2336	2.9361
2.0300	50,0	35,0			44.599	22.300	0.2463	3.0952
1.9340	30,0	22,0	2	7	46.942	23.471	0.2585	3.2488
1.8450	30,0	23,0	2	0	49.355	24.677	0.2710	3.4055
1.7420	30,0	24,0	2	0	52.400	26.240	0.2870	3.6069
1.6510	10,0	0,0	2	1	55.622	27.811	0.3020	3.8057
1.5510	70,0	62,0	1	1	57.917	28.957	0.3147	3.9492
1.5530	30,0	27,0	1	0	58.052	29.526	0.3199	4.0000
1.4830	30,0	20,0	2	1	62.505	31.292	0.3172	4.2360
1.4030	100,0	100,0	1	1	66.608	33.308	0.3064	4.4784
1.3680	50,0	51,0	2	2	68.708	34.354	0.3052	4.5896
1.2110	30,0	75,0	1	0	78.999	39.499	0.4129	5.1884
1.1740	10,0	72,0	2	0	82.894	41.847	0.4265	5.4565
1.1540	10,0	72,0	1	0	85.747	42.874	0.4333	5.6227
1.1450	10,0	72,0	0	0	86.478	43.239	0.4406	5.6938
1.0570	40,0	40,0	1	1	94.758	47.379	0.4757	5.9783
1.0190	40,0	41,0			98.711	49.356	0.4907	6.1660
0.9940	40,0	42,0			101.719	50.860	0.5045	6.4275
0.9580	40,0	43,0	5	0	105.451	52.726	0.5165	6.6909

PDF#19-0657: QM=Intermediate; d=Other/Unknown; I=(Unknown)

Aluminum Zinc

At 2.717Å, 2θ

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cut-off= 1/1c(KIK)=

Ref. level 1 PDF

Rhombohedral, K-Sn(165)

Z=3

sp=

Cell=2.871x2.851x6.778Å 90° 90° 120° Pearson=

Density(c)=3.97 Density(m)= Mut= Vol=

Ref= Ibid.

Strong line: 2.12/X 1.21/S 1.42/S 0.52/7 0.58/7 1.99/5 1.21/4 2.26/4

d(Å)	h(+)	k(v)	h	k	l	PDF	2-theta	theta	1/(2d)	2pi/d
2.120	100,0	00,0	1	0	1	38.787	19.391	0.2155	2.7087	
2.260	40,0	20,0	0	0	3	30.855	15.028	0.2212	2.7802	
1.992	50,0	50,0	0	1	2	45.797	22.748	0.2518	3.1542	
1.421	90,0	01,0	1	1	0	65.545	32.773	0.3514	4.4155	
1.399	20,0	10,0	1	0	4	66.815	33.408	0.3574	4.4912	
1.214	90,0	05,0	0	2	1	78.765	39.383	0.4119	5.1755	
1.206	40,0	01,0	1	1	1	79.791	39.895	0.4146	5.2099	
1.189	10,0	11,0	0	1	5	80.758	40.379	0.4205	5.2844	
1.159	20,0	22,0	2	0	2	82.304	41.152	0.4314	5.4212	
0.998	10,0	11,0	0	2	4	100.966	50.481	0.5008	6.2926	
0.923	70,0	97,0	2	1	1	117.061	58.538	0.5415	6.8044	
0.912	5,0	7,0	2	0	5	118.208	59.103	0.5481	6.8872	
0.901	5,0	7,0	1	0	7	117.069	58.540	0.5448	6.8778	
0.900	70,0	100,0	1	2	2	117.048	58.524	0.5454	6.8798	
0.885	20,0	29,0	1	1	6	120.912	60.455	0.5647	7.0964	
0.823	10,0	16,0	3	0	0	138.762	69.381	0.6075	7.6545	
0.816	70,0	71,0	2	1	4	141.099	70.550	0.6121	7.6915	

PDF#36-1451: Q=Start/Calculated; 0=Other/Unknown; I=(Unknown)

Zincite, syn

ZnO

Radiation CuK α lambda 1.5406 Filter

Calibration= θ -Calcu+= 1/ λ (K α)=

Ref Level 1 PDF

Hexagonal, P6 $_{3}$ mc(180) 2 2 mp

Cell=4.2544, 2.555, 2.8469999999999999 Pearson=

Density(L)=5.675 Density(n)= MwL Vol=

KaL= third.

Strong Line: 2.48/6 2.61/6 2.68/6 1.62/7 1.48/7 1.78/7 1.91/7 1.76/7

d(A)	T(°)	T(v)	h	k	l	n ²	2 Theta	Theta	1/(2d)	2 θ /d
2.824	57.0	58.0	1	0	0		31.759	15.885	0.1777	2.2326
2.687	44.0	42.0	0	0	2		34.421	17.211	0.1921	2.4175
2.675	100.0	100.0	1	0	1		36.252	18.126	0.2019	2.5377
1.921	23.0	30.0	1	0	2		47.538	23.769	0.2610	3.2877
1.679	17.0	49.0	1	1	0		55.602	28.801	0.4077	4.8577
1.477	29.0	49.0	1	0	3		62.862	31.431	0.3385	4.2537
1.467	1.0	7.0	2	0	0		66.128	33.064	0.1551	4.4817
1.378	23.0	41.0	1	1	2		67.981	33.991	0.3628	4.5598
1.758	11.0	20.0	2	0	1		69.898	34.949	0.1681	4.6779
1.301	2.0	4.0	0	0	4		72.558	36.280	0.3341	4.8268
1.218	4.0	8.0	2	0	2		76.957	38.479	0.4039	5.0752
1.181	1.0	2.0	1	0	4		81.558	40.684	0.4251	5.3174
1.097	7.0	16.0	2	0	7		85.684	42.807	0.4574	5.7479
1.063	3.0	7.0	2	1	0		92.781	46.390	0.4700	5.9861
1.042	0.0	14.0	2	1	1		95.381	47.690	0.4797	6.0204
1.015	4.0	10.0	1	1	4		98.609	49.304	0.4972	6.1805
0.984	2.0	5.0	2	1	2		102.942	51.471	0.5078	6.3812
0.976	5.0	11.0	1	0	5		104.110	52.055	0.5170	6.4115
0.935	1.0	3.0	2	0	4		107.426	53.713	0.5232	6.5751
0.918	7.0	8.0	1	0	0		110.788	55.394	0.5110	6.6976
0.906	3.0	22.0	2	1	3		116.274	58.137	0.5513	6.9279
0.882	4.0	11.0	1	0	2		121.567	60.783	0.5665	7.1191

f. 50%Zn-50%Al-14

PDF#00-00990: QM-Stary/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Iron, syn

Fe

Radiation=CuK α 1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=

Ref= Level-1 PDF

Cell= Trm 3m(229) 7-2 mp=

Cell=2.866x2.866x2.866<90x90x90> Pressure=

Density(c)=7.874 Density(m)= Mut= Vol=

Ref= Irid.

Strong line: 2.07/1 1.17/1 1.07/2 0.91/1 1.01/1 0.87/1

d(A)	1(h)	1(k)	h	k	l	n ²	2 theta	theta	1/(2d)	2pi/d
2.026	100.0	100.0	1	1	0	2	44.673	22.337	0.2457	3.1231
1.433	20.0	20.0	2	0	0	4	55.021	32.511	0.3489	4.3840
1.170	30.0	52.0	2	1	1	5	82.330	41.166	0.4273	5.3690
1.011	10.0	70.0	2	2	0	8	98.445	49.474	0.4944	6.2201
0.906	12.0	72.0	3	1	0	10	116.185	58.192	0.5516	6.9470
0.827	5.0	15.0	2	2	2	12	137.136	68.568	0.6042	7.5930

PDF#47-1774: QM-Stan/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Aluminum Sulfide

Al2S3

Radiation=CuK α 1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= 1/10(KIK)=

Ref= Level=1 PDF

Rhombohedral(R Center) Z=6 mp=

Cell=a,b,c=4.2x4.2x17.255x90x90x120 Pearson=

Density(c)=2.56 Density(m)= Mwt= Vol=

Ref= Thid.

Strong Line: 3.24/X 2.88/X 4.78/4 2.82/4 1.87/4 2.15/3 1.57/2 2.81/2

d(A)	h	k	l	h ²	2-theta	theta	1/(2 θ)	2pi/d
5.590	10.0	10.0	1 0 1	1	16.619	8.309	0.0398	1.1788
4.788	10.0	20.0	0 1 2	2	10.865	5.433	0.1854	1.3568
3.478	10.0	30.0	1 0 4	4	26.877	13.439	0.1462	1.8777
3.242	100.0	30.0	1 1 0	0	27.526	13.763	0.1543	1.8393
2.948	2.0	2.0	0 1 5	5	30.378	15.189	0.1781	2.1571
2.882	100.0	100.0	0 0 6	6	31.025	15.513	0.1736	2.1817
2.078	37.0	38.0	1 1 3	3	31.781	15.891	0.1773	2.2201
2.778	5.0	5.0	0 2 1	1	32.351	16.176	0.1805	2.2603
2.678	20.0	22.0	1 0 2	2	33.536	16.768	0.1873	2.3533
2.358	2.0	2.0	0 2 4	4	38.258	19.129	0.2128	2.5757
2.268	5.0	6.0	1 0 7	7	39.855	19.928	0.2212	2.7882
2.188	2.0	3.0	2 0 5	5	41.383	20.692	0.2296	2.8822
2.158	10.0	10.0	1 1 6	6	41.988	20.994	0.2376	2.9224
2.188	2.0	7.0	2 1 1	1	43.817	21.909	0.2378	2.9920
2.068	12.0	17.0	1 2 2	2	43.915	21.958	0.2427	3.0581
2.054	21.0	20.0	0 1 8	8	44.973	22.486	0.2483	3.1198
1.868	37.0	37.0	3 0 0	0	48.705	24.353	0.2577	3.3636
1.085	7.0	5.0	1 2 5	5	50.571	25.286	0.2770	3.4818
1.718	16.0	27.0	2 0 0	0	51.546	25.773	0.2934	3.6744
1.658	18.0	28.0	1 1 9	9	53.658	26.829	0.3030	3.8080
1.618	5.0	9.0	2 2 0	0	56.858	28.429	0.3098	3.8853
1.567	22.0	10.0	3 0 6	6	58.887	29.444	0.3191	4.0097
1.512	12.0	25.0	1 2 8	8	61.254	30.627	0.3387	4.1555
1.478	2.0	4.0	0 2 10	10	63.782	31.891	0.3481	4.2743

04-028 2008: QM=Intermediate; d=Other/Unknown; 1=(Unknown)

Sample: 110-100

Cell: (CuK α) 4020

Radiation=CuK α Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(NIR)=

Ref= Level-1 PDF

Monoclinic, P2 $_1$ /c(14) Z=2 mp=

Cell=10.055x4.595x16.014(90x111x93) Pearson=

Density(c)=1.42 Density(m)= Plot= Vol=

R $_T$ =Thid.

Strong line: 9.48/0 7.51/9 7.52/8 7.87/7 7.87/6 7.25/5 7.47/4 5.04/1

d(A)	1(h)	1(v)	h	k	l	n ²	2-theta	theta	1/(d ²)	2p1/d
9.480	100.0	41.0	1	0	0		9.401	4.700	0.0522	0.6684
7.520	80.0	41.0	0	0	2		11.758	5.879	0.2885	0.8355
7.250	50.0	27.0	1	0	2		12.198	6.099	0.2690	0.8666
5.040	70.0	27.0	1	0	2		17.582	8.791	0.3592	1.2407
4.870	20.0	16.0	-2	0	2		18.715	9.357	0.1077	1.2902
4.680	20.0	17.0	2	0	0		18.947	9.473	0.1068	1.3426
4.480	10.0	9.0	0	1	1		19.801	9.900	0.1116	1.4025
4.260	10.0	9.0	-1	1	1		20.835	10.417	0.1171	1.5759
3.970	70.0	59.0	0	1	2		22.276	11.138	0.1259	1.5827
3.860	10.0	10.0	1	1	1		23.022	11.511	0.1285	1.6278
3.750	10.0	10.0	0	0	4		23.707	11.853	0.1333	1.6755
3.670	10.0	11.0	2	0	4		24.502	12.251	0.1377	1.7189
3.510	90.0	100.0	1	1	7		25.754	12.877	0.1475	1.7901
3.470	70.0	45.0	1	1	2		25.955	12.978	0.1458	1.8110
3.370	20.0	23.0	-3	0	2		26.667	13.334	0.1497	1.8812
3.050	60.0	77.0	-1	1	7		29.257	14.629	0.1639	2.0601
2.990	10.0	24.0	1	1	3		29.858	14.929	0.1672	2.1014
2.932	10.0	24.0	0	1	4		30.462	15.231	0.1705	2.1430
2.640	20.0	29.0	1	1	5		33.823	16.911	0.1888	2.3728
2.458	10.0	16.0	7	1	1		36.526	18.263	0.2074	2.5562
2.324	10.0	18.0	1	2	1		40.528	20.264	0.2248	2.8252
2.176	10.0	18.0	-4	1	1		41.467	20.711	0.2298	2.8875

g. 75%Zn-25%Al-10

PDF#02-0883; QM-Start/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Aluminum Oxide

Al₂O₃

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= J-CuLoft= 1/11(RIR)=

Ref= Level=1 PW

Orthorhombic, Pn21(33) Z=8 mp=

Cell=4.839x8.318x8.944(35x90x90) Program=

Density(c) 3.777 Density(n) Net Vol

Ref= This.

Strong Line: 2.50/X 2.80/0 2.12/7 1.44/6 2.32/5 3.04/3 1.39/3 1.39/3

d(Å)	h	k	l	n	k	l	n ²	2-theta	1-theta	1/(2θ)	2p1/d
6.094	12.0	5.0	0	1	1	1	1	14.522	7.261	0.0823	1.0510
4.469	11.0	6.0	0	0	2	2	2	19.848	9.924	0.1119	1.4058
4.182	9.0	2.0	1	1	0	0	0	21.225	10.612	0.1195	1.5022
3.788	9.0	2.0	1	1	1	1	1	25.460	12.730	0.1529	1.6583
3.153	4.0	3.0	1	2	0	0	0	28.279	14.139	0.1586	1.9926
1.854	25.0	22.0	1	1	2	2	2	29.217	14.608	0.1637	2.0570
1.844	11.0	25.0	0	2	2	2	2	29.714	14.857	0.1642	2.0640
2.974	1.0	2.0	1	2	1	1	1	30.019	15.010	0.1681	2.1125
2.804	25.0	02.0	0	1	1	1	1	31.007	15.504	0.1783	2.2407
2.577	100.0	90.0	1	2	2	2	2	34.706	17.352	0.1940	2.4582
2.427	14.0	13.0	1	1	3	3	3	36.999	18.500	0.2060	2.5882
2.219	13.0	12.0	2	0	0	0	0	37.152	18.566	0.2067	2.5972
2.405	9.0	5.0	1	3	0	0	0	37.352	18.676	0.2079	2.6120
2.335	15.0	15.0	2	0	1	1	1	38.523	19.261	0.2141	2.6908
2.323	48.0	46.0	1	1	0	0	0	38.725	19.362	0.2152	2.7044
2.234	8.0	8.0	0	0	4	4	4	40.329	20.165	0.2238	2.8119
2.166	12.0	13.0	1	2	3	3	3	41.664	20.832	0.2308	2.9009
2.127	27.0	29.0	2	0	2	2	2	42.444	21.222	0.2350	2.9527
2.118	08.0	24.0	1	1	2	2	2	42.647	21.323	0.2360	2.9662
2.079	5.0	6.0	0	4	0	0	0	43.407	21.703	0.2404	3.0215
2.061	11.0	15.0	2	1	2	2	2	43.692	21.846	0.2426	3.0485
1.910	3.0	4.0	1	4	0	0	0	47.563	23.782	0.2618	3.2893

PDF#19-0629; QM-Start/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Magnetite, syn

Fe₂Fe₂O₄

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d Cutoff= 1/λ(KIK)-4.9

Ref= Level-1 PDF

Crucible, Fe 3m(227) 7-8 mp=

Cell=8.306x8.306x8.306x90x90x90 Pearson=

Density(c)=5.175 Density(m)= Mwt= Vol=

Ref= Thid=

Strong Line: 2.53/3 1.48/4 2.97/5 1.62/3 2.10/2 1.09/1 1.71/1 1.78/1

d(A)	1(+)	1(v)	h	k	l	n ²	2 Thetα	Thetα	1/(2θ)	2pi/d
4.852	8.0	4.0	1	1	1	3	18.268	9.134	0.1071	1.2950
2.967	30.0	25.0	2	2	0	8	30.095	15.047	0.1685	2.1177
2.532	100.0	100.0	3	1	1	11	35.422	17.711	0.1975	2.4815
2.424	8.0	8.0	2	2	2	12	37.052	18.526	0.2002	2.5910
2.099	20.0	24.0	4	0	0	16	42.052	21.026	0.2382	2.9930
1.714	10.0	15.0	4	2	2	20	53.381	26.690	0.2916	3.6645
1.615	30.0	47.0	5	1	1	27	56.942	28.471	0.3004	3.8886
1.484	40.0	68.0	4	4	0	32	62.515	31.257	0.3168	4.2325
1.419	2.0	4.0	5	3	1	35	65.743	32.871	0.3523	4.4273
1.327	4.0	8.0	6	2	0	40	70.924	35.462	0.3755	4.7324
1.280	10.0	20.0	5	1	1	41	73.948	36.974	0.3504	4.9061
1.265	4.0	8.0	6	2	2	44	74.950	37.480	0.3950	4.9634
1.211	2.0	4.0	4	4	4	48	78.924	39.462	0.4125	5.1846
1.122	4.0	9.0	6	4	2	56	86.702	43.351	0.4456	5.5995
1.093	12.0	28.0	7	3	1	59	89.617	44.808	0.4575	5.7286
1.049	6.0	14.0	8	0	0	64	94.425	47.212	0.4704	5.9063
0.980	2.0	5.0	6	6	0	72	102.224	51.112	0.5053	6.3402
0.964	6.0	16.0	7	5	1	75	105.218	52.609	0.5157	6.4804
0.903	4.0	11.0	6	6	2	76	106.205	53.102	0.5181	6.5232
0.938	4.0	11.0	8	4	0	80	110.259	55.124	0.5425	6.6928
0.895	2.0	6.0	6	6	4	80	118.736	59.368	0.5585	7.0108
0.880	6.0	17.0	9	3	1	91	122.118	61.059	0.5681	7.1384

PDF#05-1238; QM-Star/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Iron Zinc

FeZn15

Radiation=CuK α 1 Lambda=1.5405 λ 1iter=

Calibration= d-Calcut+ 1/Ic(RLR)=2.4

Ref= Level 1 PDF

Monoclinic, C2/m(12) 7 3 mp

Cell 11.474x7.608x7.861<98x177.7x98> Pnmm

Density(r)=7.716 Density(m)= Mu= Vol=

Ref= Ibid.

Strong Line: 2.17/X 2.12/Y 2.15/Z 2.05/Y 2.11/X 2.08/Y 1.26/X 2.19/Y

d(A)	h	k	l	m ²	2-theta	theta	1/(2d)	2p1/d
6.196	1	1	0		14.282	7.141	0.0807	1.0140
5.339	0	2	0		16.590	8.295	0.0836	1.1768
4.975	0	2	1		17.817	8.908	0.1005	1.2628
4.097	1	1	1		21.609	10.805	0.1220	1.5331
4.025	0	0	1		22.061	11.031	0.1242	1.5687
3.084	0	0	2		23.365	11.683	0.1314	1.6517
3.602	1	1	1		24.079	12.039	0.1354	1.7014
3.567	0	1	1		24.608	12.304	0.1404	1.6770
3.224	0	1	0		27.545	13.773	0.1551	1.9488
3.098	0	1	0		28.732	14.366	0.1614	2.0281
3.022	1	1	1		29.534	14.767	0.1655	2.0791
2.936	0	1	1		30.410	15.205	0.1702	2.1394
2.765	0	2	1		32.752	16.376	0.1808	2.2774
2.669	1	1	0		33.541	16.770	0.1871	2.3516
2.555	1	0	1		35.090	17.545	0.1957	2.4590
2.521	1	0	1		35.572	17.786	0.1983	2.4916
2.513	2	0	1		35.699	17.850	0.1990	2.5003
2.487	1	0	2		36.073	18.037	0.2010	2.5256
2.467	1	1	0		36.382	18.191	0.2026	2.5455
2.431	1	1	1		36.934	18.467	0.2056	2.5838
2.398	1	1	2		37.487	18.734	0.2085	2.6198
2.248	0	2	1		40.065	20.032	0.2224	2.7942

h. 75%Zn-25%Al-12

Fe+2Fe2+3O4

Radiation=CuK α Lambda=1.5406

Filter=

Calibration= d-Luto++=

1/ λ c(K α)=4.9

Ref= Level-1 PDI

Cell: Fe Fe(???)

7-8

mp=

Cu-11 8.796x8.796x8.796x90x90x90

Phonon

Density(c)=5.176

Density(m)=

Mat=

Vol=

Ref= Ibid.

Strong Line: 2.55/K 1.48/4 2.97/3 1.52/3 2.10/2 1.03/1 1.71/1 1.28/1

d(A)	T(f)	T(v)	h	k	l	h ²	2 Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
4.852	0.0	4.0	1	1	1	3	18.209	9.105	0.1071	1.2950
2.967	70.0	26.0	2	2	0	8	10.035	15.047	0.1685	2.1177
2.532	100.0	100.0	3	1	1	11	35.422	17.711	0.1975	2.4015
2.424	8.0	8.0	2	2	2	12	37.052	18.526	0.2062	2.5918
2.009	20.0	24.0	4	0	0	16	43.052	21.526	0.2282	2.9930
1.714	10.0	15.0	4	2	2	24	53.331	26.665	0.2918	3.6645
1.615	30.0	47.0	5	1	1	27	56.842	28.421	0.3094	3.8886
1.484	40.0	68.0	4	4	0	32	62.515	31.257	0.3388	4.2325
1.419	2.0	4.0	5	3	1	35	65.747	32.874	0.3527	4.4277
1.377	4.0	8.0	6	2	0	40	70.924	35.462	0.3766	4.7124
1.280	10.0	20.0	5	3	3	43	73.948	36.974	0.3904	4.9061
1.265	0.0	8.0	5	2	2	44	74.950	37.478	0.3950	4.9650
1.211	2.0	4.0	4	4	4	48	78.929	39.464	0.4125	5.1846
1.122	4.0	8.0	6	4	2	56	86.782	43.391	0.4458	5.5995
1.099	12.0	28.0	7	3	1	59	89.617	44.808	0.4575	5.7486
1.049	0.0	14.0	8	0	0	64	94.425	47.212	0.4764	5.9867
0.989	2.0	5.0	6	6	0	72	102.224	51.112	0.5057	6.2792
0.969	0.0	16.0	7	5	1	75	105.218	52.609	0.5157	6.4009
0.963	4.0	11.0	8	6	2	76	106.285	53.102	0.5191	6.5232
0.948	4.0	11.0	8	4	0	80	110.269	55.134	0.5425	6.6928
0.895	2.0	5.0	6	6	4	88	118.736	59.368	0.5885	7.0188
0.880	6.0	17.0	9	3	1	91	121.118	61.059	0.5881	7.1384
0.856	8.0	24.0	8	4	4	96	128.832	64.016	0.5835	7.3325
0.827	4.0	12.0	10	2	0	104	138.651	69.325	0.6077	7.6717

PDF#65-1218: QM-Scan/Calculated; d-Other/Unknown; T-(Unknown)
 Iron Zinc
 FeZn17
 Radiation-CuK α 1 Lambda=1.5406 Filter-
 Calibration- d Cutoff- I/I $_0$ (RIR)=2.4
 Met- Level-1 (M)

Monoclinic, C2/m(12) 4=2 mp-
 Cell=13.424x7.608x5.061<90x127.3x90> Pearson=
 Density(r)=7.716 Density(m)- Mut- Vol-
 Ref- Thid.

Strong Lines: 2.17/4 2.12/8 2.15/6 2.06/5 2.11/4 2.08/4 1.26/4 2.19/4

d(A)	h	k	l	m ²	2-theta	theta	1/(2θ)	2p1/0
6.196	7.2	2.5	1 1 0	14.282	7.141	0.0007	1.0140	
5.339	0.0	0.2	2 0 0	16.590	8.295	0.0056	1.1758	
4.975	0.1	0.0	-2 0 1	17.812	8.906	0.1005	1.2628	
4.097	7.4	3.9	-1 1 1	21.609	10.805	0.1220	1.5330	
4.025	1.5	0.0	0 0 1	22.061	11.031	0.1272	1.5607	
3.804	0.1	0.1	0 2 0	23.105	11.553	0.1714	1.6517	
3.692	7.7	4.5	1 1 1	24.079	12.039	0.1754	1.7014	
3.347	0.1	0.1	4 0 1	26.808	13.304	0.1494	1.8770	
3.224	0.1	0.1	3 1 0	27.845	13.823	0.1551	1.9488	
3.098	0.1	0.1	2 2 0	28.793	14.396	0.1614	2.0281	
3.022	2.4	1.7	-2 2 1	29.554	14.767	0.1655	2.0792	
2.936	0.2	0.1	1 1 1	30.410	15.205	0.1702	2.1391	
2.765	5.0	5.0	0 2 1	32.352	16.176	0.1800	2.2721	
2.609	1.4	1.1	4 0 0	33.541	16.770	0.1073	2.7536	
2.555	7.6	0.5	2 0 1	35.000	17.500	0.1977	2.6590	
2.521	7.3	0.3	5 1 1	35.572	17.786	0.1903	2.4916	
2.513	24.0	20.0	4 2 1	35.659	17.829	0.1990	2.5001	
2.487	5.6	4.9	4 0 2	36.073	18.037	0.2010	2.5258	
2.467	4.2	2.8	1 3 0	36.382	18.191	0.2026	2.5465	
2.421	13.0	11.6	-2 0 2	36.924	18.467	0.2056	2.5838	
2.298	1.0	0.0	-3 1 2	37.457	18.729	0.2085	2.6198	
2.248	9.0	9.6	-1 3 1	39.065	19.532	0.2224	2.7912	

PDF#19-0629; QM-Star/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

Magnetite, syn

Fe₂Fe₂O₄

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d CutOff= 1/λc(KÅ)-4.9

Ref= Level-1 PDF

Cubic, Fd 3m(227) 7-8 mp=

Cell=8.306x8.306x8.306x90x90x90> Pearson=

Density(c)=5.178 Density(m)= Mol= Vol=

Ref= Thid:

Strong Line: 2.53/3 1.48/4 2.97/3 1.62/3 2.10/2 1.09/1 1.71/1 1.78/1

d(Å)	1(+)	1(v)	h	k	l	n ²	2 θhoL	θhoL	1/(2θ)	2pi/d
4.852	8.0	4.0	1	1	1	3	18.263	9.137	0.1031	1.2950
2.967	30.0	25.0	2	2	0	8	30.035	15.047	0.1585	2.1177
2.532	100.0	100.0	3	1	1	11	35.422	17.711	0.1875	2.4815
2.424	8.0	8.0	2	2	2	12	37.052	18.526	0.2062	2.5918
2.099	20.0	24.0	4	0	0	16	42.052	21.526	0.2282	2.9938
1.714	10.0	15.0	4	2	2	20	51.351	26.095	0.2816	3.6675
1.615	30.0	47.0	5	1	1	27	56.942	28.471	0.3094	3.8886
1.484	40.0	68.0	4	4	0	32	62.515	31.257	0.3368	4.2325
1.419	2.0	4.0	5	3	1	35	65.743	32.871	0.3523	4.4273
1.327	4.0	8.0	6	2	0	40	70.924	35.462	0.3755	4.7324
1.280	10.0	28.0	5	1	1	41	71.948	36.974	0.3884	4.9061
1.265	4.0	8.0	6	2	2	44	74.050	37.480	0.3950	4.9634
1.211	2.0	4.0	4	4	4	48	78.874	39.464	0.4178	5.1846
1.122	4.0	9.0	6	4	2	56	86.702	43.351	0.4456	5.5995
1.093	12.0	28.0	7	3	1	59	89.617	44.808	0.4575	5.7486
1.049	6.0	14.0	8	0	0	64	94.425	47.212	0.4764	5.9067
0.980	2.0	5.0	6	6	0	72	102.224	51.112	0.5053	6.3402
0.964	6.0	16.0	7	5	1	75	105.218	52.609	0.5157	6.4809
0.960	4.0	11.0	6	6	2	76	106.205	53.102	0.5181	6.5232
0.938	4.0	11.0	8	4	0	80	110.259	55.134	0.5325	6.6928
0.895	2.0	6.0	6	6	4	80	118.736	59.368	0.5585	7.0108
0.880	6.0	17.0	9	3	1	91	122.118	61.059	0.5681	7.1384

i. 75%Zn-25%Al-14

PDF#05-0628; QM-Scan/Calculated; d-Other/Unknown; I-(Unknown)

NaCl, syn

NaCl

Radiation-CuK α Lambda=1.5406

Filter-

Calibration- d (CuK α)

1/10 (NIR)-0.4

Ref- Level-1 PDF

Cubic, f m-dm(225)

Z=4

mp-

Cell-5.64x5.64x5.64x90x90x90

Pearson-

Density(c)=2.168

Density(m)-

Ref-

Vol-

Ref- Ibid.

Strong Line: 2.82/X 1.99/5 1.53/2 1.26/1 1.26/1 1.15/1 1.41/1

d(A)	h	k	l	n ²	2 θ (CuK α)	θ (CuK α)	1/(2d)	2 π /d
3.268	12.0	11.0	1.0	3	27.334	13.667	0.1534	1.9274
2.871	100.0	100.0	0.0	4	31.692	15.846	0.1777	2.2271
1.994	55.0	78.0	2.0	8	45.449	22.724	0.2508	3.1513
1.701	2.0	3.0	3.0	11	53.852	26.926	0.2939	3.6938
1.678	15.0	26.0	2.0	12	55.477	27.739	0.3607	4.5495
1.418	6.0	12.0	4.0	16	66.227	33.113	0.3546	4.4552
1.291	1.0	2.0	7.0	19	71.866	35.933	0.3864	4.8556
1.261	11.0	25.0	4.0	20	75.382	37.691	0.3965	4.9827
1.151	7.0	17.0	4.0	24	83.970	41.985	0.4342	5.4565
1.085	1.0	4.0	5.0	27	90.486	45.243	0.4668	5.7883
0.995	2.0	6.0	4.0	32	101.180	50.590	0.5015	6.3027
0.957	1.0	1.0	7.0	35	107.887	53.943	0.5245	6.5910
0.948	3.0	9.0	6.0	36	110.041	55.021	0.5219	6.6635
0.891	4.0	13.0	6.0	40	119.499	59.750	0.5607	7.0163
0.868	1.0	4.0	5.0	43	127.164	63.582	0.5814	7.4057
0.852	3.0	10.0	6.0	44	129.887	64.944	0.5880	7.3894
0.811	2.0	7.0	4.0	48	142.211	71.106	0.6147	7.7188

PDF#27 0985: QM-Intermediate; d-Other/Unknown; 1-(Unknown)

7inc Hydride

7nID

Radiation-CuK α Lambda=1.5406

Filter=

Calibration= d-Cutoff=

T/Tr(RTR)=

Ref= Level-1 PDF

Tetragonal(Primitive) Z=18 mp=

Cell=8.81x8.81x4.775<90x90x90> P4mm=

Density(g)=5.435

Density(n)=

Mu=

Vol=

Ref Thid.

Strong line: 1.27/X 0.16/G 1.73/G 0.50/G 2.18/G 1.12/G 2.21/G 2.80/G

d(A)	1(h)	1(v)	h	k	l	n ²	2-theta	theta	1/(2d)	2p/d
6.270	40.0	21.0	1	1	0		14.113	7.857	0.0797	1.8821
4.500	60.0	44.0	2	0	0		19.712	9.856	0.1111	1.3959
4.160	60.0	47.0	1	0	1		21.341	10.671	0.1202	1.5184
3.790	60.0	52.0	1	1	1		23.453	11.726	0.1319	1.6578
1.270	100.0	100.0	2	0	1		27.249	13.625	0.1729	1.6715
1.120	60.0	63.0	2	2	0		28.586	14.293	0.1603	2.0176
2.970	40.0	44.0	3	0	0		30.378	15.189	0.1701	2.1371
2.830	40.0	46.0					31.589	15.794	0.1767	2.2282
2.610	20.0	25.0	2	2	1		34.330	17.165	0.1916	2.4874
2.500	40.0	52.0	3	0	1		35.891	17.945	0.2000	2.5123
2.400	40.0	54.0	3	1	1		37.441	18.720	0.2083	2.6180
2.290	40.0	57.0	1	0	2		39.311	19.656	0.2183	2.7437
2.270	60.0	68.0	1	1	2		40.415	20.207	0.2242	2.8176
2.180	60.0	60.0	3	2	1		41.383	20.692	0.2294	2.8822
2.170	10.0	15.0	1	1	0		42.193	21.087	0.2336	2.9161
2.080	60.0	64.0	3	3	0		43.472	21.736	0.2404	3.0288
2.020	20.0	22.0	4	0	1		44.852	22.416	0.2475	3.1185
1.980	20.0	22.0	4	2	0		45.788	22.894	0.2525	3.1723
1.900	20.0	24.0	2	2	2		47.854	23.927	0.2632	3.3889
1.770	40.0	74.0	4	3	0		51.594	25.797	0.2825	3.5488
1.670	10.0	20.0	5	5	1		56.402	28.201	0.3067	3.8547
1.610	10.0	20.0	6	0	2		57.166	28.583	0.3106	3.9026

PO4028 2008: QM=Intermediate; d=Other/Unknown; 1=(Unknown)

Crystal: hcp

Cell: P(C41D)4C21D

Radiation=CuK α 1 lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(NIR)=

Ref= Level-1 PDF

Monoclinic, P21/c(14) 2=2 mp=

Cell=10.035x4.695x16.014(90x111x93) Pearson=

Density(c)=1.42 Density(m)= Mat= Vol=

Ref= Thid.

Strong line: 9.48/X 7.51/Y 7.52/B 7.87/Y 7.87/G 7.25/Y 7.47/Y 5.84/Y

d(A)	1(h)	1(v)	h	k	l	n ²	2-theta	theta	1/(d ²)	2pi/d
9.480	100.0	41.0	1	0	0		9.401	4.700	0.0522	0.6684
7.520	80.0	41.0	0	0	2		11.758	5.879	0.0555	0.8355
7.250	50.0	27.0	1	0	2		12.198	6.099	0.0590	0.8666
5.840	50.0	27.0	1	0	2		17.582	8.791	0.0592	1.2467
4.870	20.0	16.0	-2	0	2		18.715	9.357	0.1033	1.2902
4.680	20.0	17.0	2	0	0		18.947	9.473	0.1068	1.3426
4.480	10.0	9.0	0	1	1		19.801	9.900	0.1116	1.4025
4.260	10.0	9.0	-1	1	1		20.855	10.417	0.1171	1.5779
3.970	70.0	59.0	0	1	2		22.276	11.138	0.1259	1.5827
3.860	10.0	10.0	1	1	1		23.022	11.511	0.1295	1.6278
3.750	10.0	10.0	0	0	4		23.707	11.853	0.1333	1.6755
3.670	10.0	11.0	2	0	4		24.502	12.251	0.1377	1.7189
3.510	90.0	100.0	1	1	7		25.754	12.877	0.1475	1.7901
3.470	50.0	45.0	1	1	2		25.955	12.978	0.1458	1.8110
3.370	20.0	23.0	-3	0	2		26.667	13.334	0.1497	1.8812
3.050	60.0	77.0	-1	1	7		29.257	14.629	0.1639	2.0601
2.990	10.0	24.0	1	1	3		29.858	14.929	0.1672	2.1014
2.932	10.0	24.0	0	1	4		29.462	15.231	0.1705	2.1438
2.648	20.0	29.0	1	1	5		33.823	16.911	0.1888	2.3728
2.458	10.0	16.0	7	1	1		36.526	18.263	0.2034	2.5562
2.324	10.0	18.0	1	2	1		40.528	20.264	0.2248	2.8252
2.176	10.0	18.0	-4	1	1		41.467	20.731	0.2298	2.8875

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang merupakan Rahmatan Lil 'Alamin
2. Kedua orang tua penulis (Ir. Rachman Sidik M.Ed dan Ir.Harmini Sudjiman) yang senantiasa mendoakan dan memberikan lecutan semangat kepada penulis.
3. Keempat kakak penulis (Akbar Cita, Mahar Cita, Fikar Cita, dan Kintari Cita) yang senantiasa memberikan masukan-masukan kepada penulis
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS, sekaligus dosen pembimbing penulis. Terima kasih atas bimbingannya selama ini.
5. Bapak Budi Agung Kurniawan S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing yang tidak bosan-bosannya mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis agar penulis lebih terpacu untuk menyelesaikan laporan.
6. Bapak Wikan Jatimurti ST., M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberikan saran pada saat penulis akan melakukan proses pengambilan mata kuliah.
7. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyananta, S.T, M.Sc selaku Ketua Prodi S-1 Departemen Teknik Material yang tidak pernah berhenti untuk memberikan informasi terbaru seputar tugas akhir kepada penulis
8. Pak Larasanto, Pak Dedi, Pak Aris, dan Mas Armand dari CV Cipta Agung yang telah membantu penulis dalam penelitian tugas akhir ini.
9. Angkatan MT 15 yang selalu memberikan cerita berkesan bagi penulis di sela penelitian tugas akhir berlangsung.
- 10.Rekan-rekan Matrice Badminton Club yang merupakan teman bermain badminton bersama.

11. Maul. Ikiw, Fikri, Rizal, Faridz, Naufal. Nia, Ayu, Rizal Pambudi, Cebunk, Suju, Naufal, Lutfi, Jan, Kresna, Agny, dan Adiyaksa yang merupakan rekan-rekan Laboratorium Korosi dan Analisa Kegagalan yang selalu membantu penulis terutama dalam hal berdiskusi.
12. Rizal, Eki, Aziz, dan Kresna yang merupakan sahabat terbaik dari penulis
13. Nia, Abyzhar, Anindita, Fauzan, Sasa, dan Ebi yang merupakan sahabat masa SMP dan terus memberikan canda tawa bagi penulis di sela penelitian tugas akhir berjalan.
14. Teman-teman kabinet BEM FTI ITS 2015/2016 yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Faradila Dwi Handayani yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat kepada penulis.
16. Seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian tugas akhir ini namun tidak bisa disebutkan satu persatu

Surabaya, 10 Juli 2017

Penulis

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Majalengka 12 Desember 1995, merupakan anak kelima dari 5 bersaudara dari pasangan Ir.Rachman Sidik M,Ed dan Ir.Harmini Sudjiman. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Tunas Rimba II, SDN Polisi IV Bogor, SMPN 4 Bogor dan SMAN 1 Bogor. Saat ini penulis melanjutkan studinya melalui jalur SNMPTN di Departemen Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 2713100024.

Di Departemen Teknik Material penulis melakukan penelitian Tugas Akhir bidang studi Korosi dan Analisa Kegagalan, pada Laboratorium Korosi dan Analisa Kegagalan dengan judul tugas akhir **“Pengaruh Komposisi Paduan dan Tebal *Coating* pada Proses *Flame Sprayed Coating* Serbuk Zn-Al terhadap Ketahanan Korosi Baja Karbon di Lingkungan Air Laut”**. Selama berkuliah, penulis aktif mengikuti organisasi BEM FTI-ITS sebagai Sekretaris Jendral 2 dan di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Badminton sebagai Kepala Biro Kesejahteraan Anggota. Penulis juga pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) sampai dengan tahap terdantai. Nomor telepon penulis yang dapat dihubungi 085781498212 dengan alamat email igfar24bogor@yahoo.com.